

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-184941

(43)Date of publication of application : 15.07.1997

(51)Int.Cl.

G02B 6/28

(21)Application number : 08-232405

(71)Applicant : FUJI ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 03.09.1996

(72)Inventor : KOBAYASHI TAKESHI
SAITO TETSUYA

(30)Priority

Priority number : 07281941

Priority date : 30.10.1995

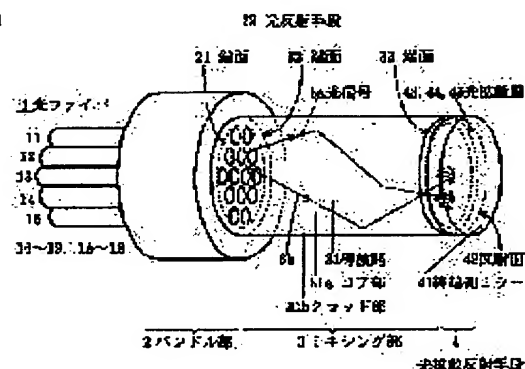
Priority country : JP

(54) OPTICAL STAR COUPLER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To efficiently branch and couple a light signal and make the intensity of the light signal uniform by providing a mixing part consisting of a waveguide which is wide enough to cover the core parts of at least plural optical fibers, a light diffusing and reflecting means which is arranged on the other end surface of the mixing part, etc.

SOLUTION: This optical star coupler is equipped with a bundle part 2 formed by bundling and fixing one-end sides of plural optical fibers 11-1E and forming the end surfaces 21 into a plane, the mixing part 3 composed of the waveguide 31 which is wide enough to cover the core parts of at least the optical fibers 11-1E, and the light diffusing and reflecting means 4 which is arranged on the other end surface 33 of the mixing part 3. In this constitution, light signals 6a and 6b which are made incident on the mixing part 3 from an optical fiber 12 reach the said light diffusing and reflecting means 4 and is diffused and reflected.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

25.12.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the withdrawal examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

24.06.1999

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The optical star coupler characterized by what one end of two or more optical fibers is bundled, and it fixes, and the bundle section in which this end face was formed at the flat surface, and one end face contact the end face formed in the flat surface of the bundle section, and it has for the optical diffuse reflection means arranged in the core section of two or more optical fibers in the other-end side of the mixing section which consists of waveguide equipped with a wrap size, and the mixing section at least.

[Claim 2] The bundle section which formed [bundled one end of two or more optical fibers, and fixed] this end face in the flat surface, The mixing section which one end face contacts the end face formed in the flat surface of the bundle section, and consists the core section of two or more optical fibers of waveguide equipped with a wrap size at least, The waveguide of the mixing section is an optical star coupler characterized by what it has the optical diffuse reflection means arranged in the other-end side of the mixing section, and a part refractive index nearly for a core constitutes high refractive-index distribution pattern waveguide for.

[Claim 3] Spacing of two end faces of the waveguide of the mixing section is an optical star coupler characterized by what is considered as the dimension in which the outgoing radiation location of the outgoing radiation light from an other-end side becomes settled in an optical star coupler according to claim 2 according to the direction of incidence of the incident light to one end face.

[Claim 4] The bundle section which arranges and fixed piece one end of two or more optical fibers in the shape of a cylinder, and formed this end face in the flat surface, The mixing section which one end face contacts the end face formed in the flat surface of the bundle section, is equipped with a wrap size for the core section of two or more optical fibers arranged in the shape of [said] a cylinder at least, and a cross section becomes from the waveguide of a cylindrical shape which makes concentric circular, The optical star coupler characterized by what it has for the light reflex means arranged in the other-end side of the mixing section.

[Claim 5] The bundle section which arranges and fixed one end of two or more optical fibers in the shape of a polygon, and formed this end face in the flat surface, The mixing section which one end face contacts the end face formed in the flat surface of the bundle section, is equipped with a wrap size for the core section of two or more optical fibers arranged in the shape of [said] a polygon at least, and a cross section becomes from the waveguide of a multiple column which makes the shape of a polygon, The optical star coupler characterized by what it has for the light reflex means arranged in the other-end side of the mixing section.

[Claim 6] The light reflex means arranged in an optical star coupler according to claim 4 or 5 in the other-end side of the mixing section is an optical star coupler characterized by what it has an optical diffuse reflection means for.

[Claim 7] The end face formed in the flat surface of the bundle section in an optical star coupler given in the term of either claim 1 thru/or claim 6 is an optical star coupler characterized by what it has a light reflex means for.

[Claim 8] The light reflex means formed in the flat surface of a bundle section end face in an optical star coupler according to claim 7 is an optical star coupler characterized by what a light reflex side is formed in the whole surface where the mixing section contacts for at least except for the core section of two or more optical fibers.

[Claim 9] An optical diffuse reflection means is an optical star coupler characterized by what a transparent optical diffusion layer is established between the reflectors where the other-end side of the mixing section and a termination side mirror are flat in an optical star coupler given in one term of claims 1, 2, 3, 6, 7, and 8, and is formed.

[Claim 10] It is the optical star coupler characterized by what an optical diffuse reflection means establishes the optical diffusion layer which consists of a volume hologram in an optical star coupler given in one term of claims 1, 2, 3, 6, 7, and 8 between the other-end side of the mixing section, and the reflector where a termination side mirror is flat, and is formed.

[Claim 11] An optical diffuse reflection means is an optical star coupler characterized by what it has for the reflector which has a minute concavo-convex side in the field side where a termination side mirror contacts the mixing section in an optical star coupler given in one term of claims 1, 2, 3, 6, 7, and 8.

[Claim 12] Instead of forming an optical diffuse reflection means in a termination side mirror in an optical star coupler according to claim 11, an optical diffuse reflection means is an optical star coupler characterized by what the other-end side of the mixing section is equipped with a minute concavo-convex field and a reflector for.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention branches the lightwave signal transmitted from the optical fiber of arbitration, and relates to the optical star coupler for combining with other optical fibers by low loss uniformly.

[0002]

[Description of the Prior Art] . for which the optical star coupler which branches one lightwave signal to two or more optical fibers, or brings together the lightwave signal from two or more optical fibers in one optical fiber is needed in order to build an information communication network using an optical fiber etc. generally -- as the optical star coupler which attains such an object -- JP,59-126510,A "star coupler" United States Patent.4365864 Dec. -- 28 and 1982"OPTICAL FIBRE MULTIPOINT COUPLERS" are indicated. Drawing 5 is an example of the optical star coupler which extracted and arranged the part relevant to this invention among the conventional techniques by which disclosure was carried out [above-mentioned], and explains this summary hereafter.

[0003] In drawing 5 an optical star coupler Two or more optical fibers 11-19, 1A-1E The bundle section 2 which forms in a flat surface the end face 21 which fixed [bundled one end of (displaying with two or more optical fibers 11-1E hereafter), and fixed] two or more of these optical fibers 11-1E, and equips a part of this end face 21 with the light reflex means 22, The mixing section 3 which one end face 32 contacts the end face 21 formed in the flat surface of the bundle section 2, and constitutes at least the waveguide 31 equipped with a wrap size for the core section of two or more optical fibers 11-1E, It has the termination side mirror 41 equipped with the reflector 42 arranged in the other-end side 33 of the mixing section 3, and is constituted.

[0004] In this configuration, this optical star coupler joins the end face 21 of the bundle section 2 which bundled two or more optical fibers 11-1E, and the end face 32 of the mixing section 3 which consists of cylindrical and transparent optical glass in the example of a graphic display. The termination side mirror 41 to which the end face 32 joined to the bundle section 2 of optical fibers 11-1E has a reflector 42 in the end face 33 of the mixing section 3 of an opposite hand is stuck. The waveguide 31 of the mixing section 3 is cylinder-like core section 31a. It is core section 31a to the perimeter of a side face. Clad section 31b with a small refractive index It is formed.

[0005] Lightwave signals 6a and 6b which carry out incidence to the mixing section 3 from an optical fiber 12 in such an optical star coupler Breadth and its part are core section 31a of the mixing section 3 in the waveguide 31 of the mixing section 3. It spreads, while total reflection is carried out on a side face, and the termination side mirror 41 is reached. Furthermore, these lightwave signals 6a and 6b It is reflected by the termination side mirror 41, the waveguide 31 of the mixing section 3 is spread again, and it returns to the optical fiber 11 - 1E side. It is the core part of each optical fibers 11-1E here. 11a-1Ea The attained light is outputted through the optical fiber.

[0006] JP,59-126510,A In the example of a graphic display of a "star coupler" A light reflex means 22 by which optical reflective processing (reflector 42) was performed on the other-end side 33 of the mixing section 3, and the termination side mirror 41 was formed in a part of end face 21 of the bundle section 2 The core section of two or more optical fibers 11-1E 11a-1Ea The removed clad section 11b-1Eb Optical reflective processing (reflector 23) is formed and constituted by the gap section 10 formed between optical fibers 11-1E. For example, by taking the sufficiently long die length of the mixing section 3, it can reflect in a reflector 42 and the lightwave signal which carried out incidence to the mixing section 3 from the optical fiber 12 can be diffused in about 1 appearance all over an end face 21. The core section of two or more

optical fibers 11-1E 11a-1Ea It is outputted as it is and the lightwave signal which carried out incidence is the clad section. 11b-1Eb The lightwave signal to the gap section 10 repeats an echo, and is outputted in a reflector 23 and a reflector 42. Consequently, the lightwave signal by which it came from the optical fiber 12 can be distributed to other optical fibers 11-1E by low loss.

[0007] moreover, in the example of a graphic display of Fig.1 (the member number concerned is displayed with a parenthesis) of United States Patent.4365864 Dec.28 and 1982"OPTICAL FIBRE MULTIPOINT COUPLERS" The light reflex means 22 which the termination side mirror 41 was equivalent to the total reflection mirror (18) of the invention concerned, and was formed in a part of end face 21 of the bundle section 2 the aperture part of a mirror with an aperture (19) -- minding -- the core section of each optical fibers 11-1E 11a-1Ea from -- lightwave signals 6a and 6b Incidence is carried out to the mixing section 3. And lightwave signals 6a and 6b which carried out incidence to the mixing section 3 from the optical fiber 12 It reflects in a reflector 42, is spread in about 1 appearance all over an end face 21, and is the core section of optical fibers 11-1E. 11a-1Ea Lightwave signals 6a and 6b which carried out incidence It is outputted as it is. Clad section 11b-1Eb The lightwave signal to the gap formation part 10 repeats an echo, and is outputted in a reflector 23 and a reflector 42. Consequently, it can distribute to other optical fibers 11-1E by low loss. In addition, the mirror with an aperture (19) is formed on the end face 21 of the bundle section 2, or is formed on the end face 32 of the mixing section 3.

[0008] The optical star couplers of an above-mentioned configuration are the lightwave signals 6a and 6b which chose the dimension of the mixing section 3 appropriately and carried out incidence to the waveguide 31 of the mixing section 3. Although it plans so that it may reflect in a reflector 42 and may be spread in about 1 appearance all over an end face 21 According to the experimental result, the optical intensity distribution of light to which the optical intensity distribution in the circumference part of waveguide 31 carried out incidence of the light which carried out incidence to a part for the center section of the waveguide 31 of the mixing section 3 to reverse few at the circumference part of waveguide 31 for the center section of waveguide 31 tend to decrease. An example of an experimental result is illustrated to drawing 13.

[0009] It sets to drawing 13 and is (A) of drawing 13. A block diagram when an above-mentioned optical star coupler consists of optical fibers 11-17 is shown. (B) of drawing 13, and (D) The plot plan of the optical fibers 11-17 of the bundle section 2 of this optical star coupler is shown. (C) of drawing 13, and (E) Optical intensity distribution are shown on an axis of abscissa, and the location on AB line of waveguide 31 is shown on an axis of ordinate. (C) of drawing 13 About optical intensity-distribution property drawing when light carries out incidence to waveguide 31 from the optical fiber 17 arranged in a center position, it is (E) of drawing 13. Optical intensity-distribution property drawing when light carries out incidence to waveguide 31 from the optical fiber 11 arranged in a circumference location is shown. The optical intensity distribution of the light which carried out incidence from the optical fiber 17 for a center section of waveguide 31 are large at a part for the center section of waveguide 31, and it decreases in a circumference part. Moreover, the optical intensity distribution of the light which carried out incidence to reverse from the circumference part 11 of waveguide 31, for example, an optical fiber, are large in a concentric circular band-like part with the optical fibers 11-16 which carry out incidence to waveguide 31, and it has the inclination for the optical intensity distribution for a center section to decrease. The optical reinforcement which is outputted from optical fibers 11-17 in any case causes a barrack.

[0010] Drawing 6 is other conventional technical examples currently performed from the former, in order to solve such a problem. In drawing 6, the different main points from drawing 5 are points that the circular mirror 24 which there is no optical fiber in a part for the center section of the mixing section 3 whose optical intensity distribution decrease, and has a reflector 23 to this part instead is arranged. That is, two or more optical fibers 11-18 put in order and bundle-ized so that the end face of optical fibers 11-18 might make a periphery are joined to the mixing section 3, and it is constituted. The termination side mirror 41 which the circular mirror 24 is formed in the inside part of the optical fibers 11-18 of one end face 32 of the mixing section 3 to which optical fibers 11-18 are joined, and equips the other end 33 of the mixing section 3 with a reflector 42 is formed. Here, the lightwave signal from an optical fiber 12 is spread distributing the inside of the waveguide 31 of the mixing section 3, it is reflected by the termination side mirror 41, and it spreads the inside of the waveguide 31 of the mixing section 3 again, and returns to an optical fiber 11-18 side. It is the core part of each optical fibers 11-18 here. 11a-18a It is reflected, and the light which the attained light was outputted and reached the circular mirror 24 goes and comes back to the inside of the mixing section 2 again.

[0011]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] As mentioned above, in the optical star coupler by the conventional technique, even when signal light carries out incidence from which optical fiber, the optical intensity distribution in a cross section parallel to the end face of the light which spreads the inside of the waveguide of the cylindrical shape-like mixing section cannot be made into homogeneity. Therefore, if the configuration which an optical fiber is only bundled, was clustered and was bundle-sized is used, variation will arise about the reinforcement of the output lightwave signal which branches to each optical fiber.

[0012] This is canceled, and in order to make into homogeneity reinforcement of the lightwave signal which branches to each optical fiber, the approach of arranging an optical fiber on the periphery which separated fixed distance from the medial axis of the mixing section is proposed. In such a configuration, in order to make the branching ratio of a lightwave signal regularity for every optical fiber, there is a problem on the process tolerance that the location gap with each optical fiber and the mixing section must be made small enough.

[0013] furthermore, when a clearance is between each of each optical fiber and a circular mirror, the light which spread the mixing section and arrived at the clearance is emitted outside, without becoming output light, and is lost. Since the light which spread the mixing section similarly and reached the clad part of each optical fiber can hardly spread the inside of an optical fiber, either, it is that it is lost, and it has the problem that the utilization effectiveness of a lightwave signal falls for these loss.

[0014] This invention is made in view of the above-mentioned point, the object solves the above mentioned technical problem, the lightwave signal by which incidence was carried out to the mixing section from the optical fiber is branched and combined efficiently, and it is in offering the optical star coupler which makes reinforcement of a lightwave signal homogeneity.

[0015]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned object, it sets to this invention. The bundle section which formed [bundled one end of two or more optical fibers, and fixed] this end face in the flat surface, One end face shall contact the end face formed in the flat surface of the bundle section, and shall be equipped with the optical diffuse reflection means arranged in the core section of two or more optical fibers in the other-end side of the mixing section which consists of waveguide equipped with a wrap size, and the mixing section at least.

[0016] Optical diffuse reflection of the lightwave signal which carried out incidence to the mixing section is reached and carried out to the optical diffuse reflection means arranged in the other-end side of the mixing section from an optical fiber by this configuration. The problem said that the lightwave signal which carries out incidence from the optical fiber of the bundle section in the conventional technique , and spreads the mixing section according to it since diffuse reflection of the reflected light is carried out in the distribution property defined beforehand by this optical diffuse reflection operation becomes uneven optical intensity distribution in a cross section parallel to an end face can be equalized by the diffuse reflection in a termination side mirror . Therefore, even if a location gap is between each optical fiber of the bundle section, and the mixing section, dispersion in the branching ratio of the lightwave signal to each optical fiber can be made small.

[0017] Moreover, the bundle section which formed [bundled one end of two or more optical fibers, and fixed] this end face in the flat surface, The mixing section which one end face contacts the end face formed in the flat surface of the bundle section, and consists the core section of two or more optical fibers of waveguide equipped with a wrap size at least, Having the optical diffuse reflection means arranged in the other-end side of the mixing section, the waveguide of the mixing section shall constitute refractive-index distribution pattern waveguide with a high part refractive index nearly for a core.

[0018] Moreover, spacing of two end faces of the waveguide of the mixing section shall be made into the dimension in which the outgoing radiation location of the outgoing radiation light from an other-end side becomes settled according to the direction of incidence of the incident light to one end face. It spreads by this configuration, carrying out incidence of the lightwave signal from one optical fiber of the bundle sections to refractive-index distribution pattern waveguide, and being refracted, and the optical diffusion layer which constitutes an optical diffuse reflection means is reached. Incidence of the lightwave signal at this time is carried out to an optical diffusion layer in the location and propagation which become settled in the location where the optical fiber which carried out outgoing radiation of the lightwave signal has been arranged, and the direction of incidence. Then, outgoing radiation of the lightwave signal is diffused and carried out by the optical diffusion layer, and it is reflected by the termination side mirror, and it is again diffused in an optical diffusion layer, and carries out incidence to refractive-index distribution pattern waveguide. The lightwave signal which was diffused and carried out incidence to refractive-index

distribution pattern waveguide in the various directions of incidence spreads the inside of refractive-index distribution pattern waveguide again, and reaches the end face of the refractive-index distribution pattern waveguide with which the bundle section is in contact. The location where the light by which diffuse reflection was carried out reaches the end face of the refractive-index distribution pattern waveguide of the bundle section is distributed in various locations corresponding to each direction of incidence which diffuse reflection is carried out and carries out incidence to refractive-index distribution pattern waveguide. Therefore, the intensity distribution of the lightwave signal in the end face which touches the refractive-index distribution pattern waveguide of the bundle section by the diffusion in an optical diffusion layer can be equalized more, and this lightwave signal distributed over homogeneity serves as incident light to each optical fiber.

[0019] Especially spacing of the waveguide of the mixing section by making it the dimension in which the outgoing radiation location of the outgoing radiation light from an other-end side becomes settled according to the direction of incidence of the incident light to one end face. If the after-tack light from a termination side mirror is diffused and incidence is carried out to refractive-index distribution pattern waveguide in all the predetermined directions of incidence within the limits, diffuse reflection light can be spread in all the outgoing radiation locations in the field where the end face of each optical fiber of the bundle section is contained. When [uniform] carrying out intensity distribution, all the locations of the bundle section can be made to spread the light of uniform intensity distribution to the direction of the light in which an optical diffuse reflection means carries out diffuse reflection.

[0020] Moreover, the bundle section which arranges and fixed piece one end of two or more optical fibers in the shape of a cylinder, and formed this end face in the flat surface, The mixing section which one end face contacts the end face formed in the flat surface of the bundle section, is equipped with a wrap size for the core section of two or more optical fibers arranged in the shape of a cylinder at least, and a cross section becomes from the waveguide of a cylindrical shape which makes concentric circular, It shall have the light reflex means arranged in the other-end side of the mixing section.

[0021] When a cross section makes it longer than the die length which was able to define beforehand the die length of the waveguide of a cylindrical shape which makes concentric circular by this configuration, it is reflected by the breadth of the light based on the numerical aperture (NA) of an optical fiber on the outskirts of waveguide of the cylindrical shape which makes concentric circular, and the light which carries out incidence to cylindrical shape waveguide from the optical fiber of arbitration can obtain optical power with little angular dependence of a circumferencial direction to the medial axis of a concentric circle by it. That is, a location cylindrical shape waveguide on the street can be made to spread the light of uniform intensity distribution.

[0022] Moreover, the bundle section which arranges and fixed one end of two or more optical fibers in the shape of a polygon, and formed this end face in the flat surface, The mixing section which one end face contacts the end face formed in the flat surface of the bundle section, is equipped with a wrap size for the core section of two or more optical fibers arranged in the shape of a polygon at least, and a cross section becomes from the waveguide of a multiple column which makes the shape of a polygon, It shall have the light reflex means arranged in the other-end side of the mixing section.

[0023] By this configuration, a cross section makes it longer than the die length which was able to define beforehand the die length of the waveguide of a multiple column which makes the shape of a polygon, and a polygonal configuration is used as a triangle, a rectangle, a hexagon, etc., and the polygonal circumference is made into the configuration which can be developed that there is no clearance on a 2-dimensional flat surface, and there is no lap by developing by return. Consequently, the light which carries out incidence to polygonal waveguide from the optical fiber of arbitration is reflected by the breadth of the light based on the numerical aperture (NA) of an optical fiber on the outskirts of waveguide of the cylindrical shape which makes the shape of a polygon, and the return light to an optical fiber can obtain optical power with few dependencies of the location in a polygon.

[0024] Moreover, the light reflex means arranged in the other-end side of the mixing section can also be equipped with an optical diffuse reflection means. By the configuration which equips the other-end side of this mixing section with an optical diffuse reflection means, the waveguide of the cylindrical shape with which a cross section makes concentric circular, and a cross section can shorten the die length of the mixing section of waveguide ** of a multiple column which makes the shape of a polygon.

[0025] Moreover, the end face formed in the flat surface of the bundle section can also be equipped with a light reflex means. Moreover, the light reflex means formed in the flat surface of a bundle section end face can also form a light reflex side in the whole surface where the mixing section contacts at least except for

the core section of two or more optical fibers.

[0026] Moreover, an optical diffuse reflection means can also establish and form a transparent optical diffusion layer between the other-end side of the mixing section, and the reflector where a termination side mirror is flat. Moreover, an optical diffuse reflection means can also establish and form the optical diffusion layer which consists of a volume hologram between the other-end side of the mixing section, and the reflector where a termination side mirror is flat.

[0027] Moreover, an optical diffuse reflection means can also equip the field side where a termination side mirror contacts the mixing section with the reflector which has a minute concavo-convex side. Moreover, instead of forming an optical diffuse reflection means in a termination side mirror, an optical diffuse reflection means can also equip the other-end side of the mixing section with a minute concavo-convex field and a reflector.

[0028] It is reflected with a bundle side light reflex means, the lightwave signal which did not carry out incidence to the core of each optical fiber spreads the inside of waveguide again, and by it, it is repeatedly reflected by Hazama of a termination side mirror and a bundle side light reflex means until it is outputted by this configuration.

[0029]

[Embodiment of the Invention] The block diagram of the optical star coupler of the examples 1 and 2 by this invention and drawing 2 drawing 1 Refractive-index property drawing of the waveguide of the mixing section, The explanatory view in which drawing 3 explains the propagation property of the lightwave signal in refractive-index distribution pattern waveguide, Property drawing of incident light and outgoing radiation light, the block diagram of the optical star coupler of the examples 3 and 5 according [drawing 7] to this invention, [in / in drawing 4 / refractive-index distribution pattern waveguide] The block diagram of the optical star coupler of the examples 4 and 5 according [drawing 8] to this invention, the explanatory view of waveguide in which, as for drawing 9 , a cross section makes the shape of a polygon, The explanatory view in which drawing 10 explains change of signal light power distribution of the optical star coupler by the example 3, the sign as the explanatory view of the deformation waveguide which makes the shape of a polygon, and the same function part material corresponding to [come out, are and] drawing 5 , drawing 6 , and drawing 13 with the cross section same [the explanatory view in which drawing 11 explains change of signal light power distribution of the optical star coupler by the example 4, and drawing 12] is attached.

[0030] The gestalt of operation by the optical star coupler of this invention can be divided roughly into three gestalten described below. Namely, optical star coupler;

(1) Correspond to examples 1 and 2 and the mixing section consists of cylindrical shape-like waveguides. The configuration which equips other end faces of the mixing section with an optical diffuse reflection means, especially configuration which waveguide becomes from refractive-index distribution pattern waveguide (2) It corresponds to examples 3 and 5. Configuration which the mixing section is cylindrical shape-like waveguide and comes to prepare a light reflex means or an optical diffuse reflection means for other end faces of the mixing section (3) It corresponds to examples 4 and 5. The mixing section is polygon-like waveguide and the following three operation gestalten are explained below the configuration that comes to prepare a light reflex means or an optical diffuse reflection means for other end faces of the mixing section.

[0031] In drawing 1 ; (1) An optical star coupler The bundle section 2 which formed [bundled one end of two or more optical fibers 11-1E, and fixed] this end face 21 in the flat surface, One end face 32 contacts the end face 21 formed in the flat surface of the bundle section 2, and it is the core section of two or more optical fibers 11-1E at least. 11a-1Ea The mixing section 3 which consists of waveguide 31 equipped with a wrap size, It has the optical diffuse reflection means 4 arranged in the other-end side 33 of the mixing section 3, and is constituted.

[0032] Lightwave signals 6a and 6b which carried out incidence to the mixing section 3 from the optical fiber 12 in this configuration Diffuse reflection is reached and carried out to the optical diffuse reflection means 4 arranged in the other-end side 33 of the mixing section 3. The lightwave signals which carry out incidence from one optical fiber of the bundle section 2 with the conventional technique, and spread the mixing section 3 are end faces 32 and 33. The uneven problem in an parallel cross section which carries out intensity distribution can carry out diffusion distribution of the reflected light by the diffuse reflection in the optical diffuse reflection means 4, and can attain equalization of the reflected light. Consequently, the luminous-intensity distribution which spreads the inside of the mixing section 3 and returns to the bundle section 2 becomes almost uniform, and can make small dispersion in the branching ratio of the lightwave signal to each optical fibers 11-1E irrespective of a location gap of Hazama of each optical fibers 11-1E of

the bundle section 2 and the mixing section 3.

[0033] In drawing 7 ; (2) An optical star coupler Bundle section 2A which arranges and fixed piece one end of two or more optical fibers 11-18 in the shape of a cylinder, and formed this end face 21 in the flat surface, The core section of two or more optical fibers 11-18 with which one end face 32 contacts the end face 21 formed in the flat surface of bundle section 2A, and is arranged in the shape of [above-mentioned] a cylinder at least 11a-18a It has a wrap size. A cross section is equipped with the mixing section 8 which consists of waveguide 81 of a cylindrical shape which makes concentric circular, and light reflex means 4A arranged in the other-end side 33 of the mixing section 8, and is constituted.

[0034] When a cross section makes it longer than the die length z_0 which was able to define beforehand die-length z of the waveguide 81 of a cylindrical shape which makes concentric circular in this configuration optical fiber of arbitration (11-18) from -- the light which carries out incidence to the cylindrical shape waveguide 81 the circumference (core section 81a and clad section 81b --) of the waveguide 81 of a cylindrical shape which makes concentric circular by the breadth of the light based on the numerical aperture (NA) of an optical fiber 1 And core section 81a Clad section 81c It is reflected by the interface and optical power with few dependencies by the include angle θ of a circumferential direction can be obtained to the medial axis Z of a concentric circle. That is, the location on the cylindrical shape waveguide 81 can be made to spread the light of uniform intensity distribution.

[0035] In drawing 8 ; (3) An optical star coupler Bundle section 2B which arranges and fixed one end of two or more optical fibers 11-18 in the shape of a polygon, and formed this end face 21 in the flat surface, One end face 32 contacts the end face 21 formed in the flat surface of bundle section 2B. Waveguide of the multiple column with which it has a wrap size for core section of two or more optical fibers 11-18 arranged in the shape of a polygon at least, and a cross section makes the shape of a polygon 11a-18a (in the example of a graphic display, a cross section the waveguide 92 of a rectangle-like prism, and the following) It has the mixing section 9 which consists of explaining waveguide 92 as an example of representation, and light reflex means 4C arranged in the other-end side 32 of the mixing section 9, and consists of drawing 8 .

[0036] By this configuration, a cross section makes it longer than the die length z_0 which was able to define beforehand die-length z of the waveguide 92 of a multiple column which makes the shape of a polygon. Moreover, a polygonal configuration is used as a triangle, a rectangle, a hexagon, etc., and is made into the configuration which can develop the polygonal circumference by developing by return that there is no clearance on a 2-dimensional flat surface, and there is no lap. consequently, optical fiber of arbitration (11-18) from -- the light which carries out incidence to the polygonal waveguide 92 is reflected by the breadth of the light based on the numerical aperture (NA) of an optical fiber around the waveguide 92 of a cylindrical shape which makes the shape of a polygon (interface of core section 92a and clad section 92b), and the return light to optical fibers 11-18 can obtain optical power with few dependencies of the location in a polygon.

[0037]

[Example 1] Drawing 2 shows the refractive-index property of the waveguide 31 of the mixing section 3, and is (A) of drawing 2 as the following and an example 1. Core section 31a of the refractive index n with the uniform waveguide 31 of the mixing section 3 to illustrate The optical star coupler which it has is explained. core section 31a of waveguide 31 a refractive index n -- clad section 31b since it is higher than a refractive index -- lightwave signals 6a and 6b from the end face 32 to the end face 33 of mixing circles propagation -- core section 31a Clad section 31b A lightwave signal can be spread by low loss using the total reflection in a boundary.

[0038] In drawing 1 , from an optical fiber 11 to optical fiber 1E, 14 optical fibers of (an optical fiber 16 to optical fiber 1E does not specify a number by a diagram) are bundled, and the bundle section 2 is formed. The mixing section 3 is core section 31a of a bigger cross section than the part which bundled the optical fibers 11-1E of the bundle section 2. It consists of waveguide 31 31 which it has, for example, the optical fiber of a major diameter, and it is arranged at the end face 32 of one of these so that the end face 21 of each optical fibers 11-1E of the bundle section 2 may be touched. The optical diffusion layer (43, 44 or 45, especially when not classifying, it represents with 43) is formed in the termination side mirror [to which the optical diffuse reflection means 4 has the flat reflector 42 in the example of a graphic display] 41, and front-face side of this reflector 42. The reflector 42 is arranged so that the end face 33 of the waveguide 31 of the mixing section 3 may be touched through the optical diffusion layer 43. Such an optical diffusion layer 43 can be formed by the transparent member which has detailed irregularity in a front face.

[0039] The bundle section 2 grinds a side [among the tied optical fibers 11-1E it is filled up with a binder, it fixes and it touches the mixing section 3], and forms a flat field. On this field, it is the core part of each

optical fibers 11-1E. 11a-1Ea (at (B) of drawing 1, numbers other than core partial 12a are graphic display abbreviations) is removed, and it is the clad section of optical fibers 11-1E. 11b-1Eb And the light reflex means 22 (reflector 23) illustrated by hatching so that the whole surface of the gap section 10 may be covered is formed. This light reflex means 22 exposes the negative-mold photoresist applied to the end face 21 of the bundle section 2 with the outgoing radiation light from each optical fibers 11-1E. Negatives are developed and it is the core part of each optical fiber. 11a-1Ea The condition that the photoresist was covered is built. Next, reflective film, such as a metal membrane, is formed in the end face 21 of this bundle section 2 by vacuum evaporation, and it is the core part of each optical fibers 11-1E to the last. 11a-1Ea The covered photoresist can be formed by exfoliating.

[0040] one optical fiber of the bundle sections 2 (for example, 12) from -- input light 6a and 6b. Incidence is carried out to the mixing section 3, and it is core section 31a of waveguide 31. It spreads distributing. It is spread with the optical diffuse reflection means 4 (optical diffusion layer 43) which touched the end face 33, and it is reflected continuously in a reflector 42, is again spread in the optical diffusion layer 43, and is core section 31a of waveguide 31. It spreads and an end face 32 is reached. At this time, ***** [before reaching the optical diffuse reflection means 4], the intensity distribution of the lightwave signal in the uneven waveguide 31 are equalized by the diffuse reflection in the optical diffuse reflection means 4, and almost uniform intensity distribution are acquired by the end face 32. therefore, core section 11a -1Ea of each optical fibers 11-1E which touch an end face 32 the luminous intensity which resulted -- these core section 11a -1Ea Core section 31a of waveguide 31 from -- unless it begins to see -- the core section 11a -1Ea It becomes almost the same irrespective of a location. Since these lightwave signals serve as output light from each optical fibers 11-1E as it is, branching to each output light from an input lightwave signal can constitute dispersion small. Moreover, core part of each optical fibers 11-1E 11a-1Ea It is reflected in the reflector 23 of the light reflex means 22, and the lightwave signal which reached except is core partial 31a of waveguide 31 again. It spreads. In this way, lightwave signals 6a and 6b A multiple echo is carried out by Hazama of the optical diffuse reflection means 4 and the light reflex means 22 until it is outputted from each optical fibers 11-1E, and it does not emanate outside other than the output light from each optical fibers 11-1E. Therefore, optical loss is small and can transmit a lightwave signal efficiently.

[0041] Moreover, diffuse reflection of a lightwave signal can be performed like by forming in a front face the optical diffusion layer 45 equipped with the reflector with detailed irregularity illustrated by drawing 1 as a termination side mirror 41 as an optical diffuse reflection means 4, without establishing a reflector 42 and the optical diffusion layer 43 separately. Instead of forming the optical diffuse reflection means 4 in the termination side mirror 41, the optical diffuse reflection means 4 can constitute the optical diffusion layer 45 which equips the other-end side 33 of the mixing section 3 with a minute concavo-convex side and a minute reflector further again. The same operation and effectiveness as the case where the above-mentioned optical diffusion layer 43 is formed also in these cases by the transparent member which has detailed irregularity in a front face can be acquired.

[0042] Moreover, the optical diffuse reflection means 4 can establish and form the optical diffusion layer 44 which consists of a volume hologram between the other-end side 33 of the mixing section 3, and the flat reflector 42 of the termination side mirror 41. Such a volume mold hologram is obtained by irradiating the coherent diffused light and exposing it to sensitization material, such as a photopolymer. The hologram which has a desired optical diffusion property by choosing the incident angle to the range of the diffusion angle of this diffused light to irradiate, intensity distribution, wavelength, and sensitization material etc. is obtained.

[0043]

[Example 2] The configuration of the optical star coupler of an example 2 is the same as the configuration of the optical star coupler of the example 1 illustrated by drawing 1 except for the refractive-index property of the waveguide 31 of the mixing section 3. The refractive-index property of the waveguide 31 of this mixing section 3 is (B) of drawing 2. It has the refractive-index distribution pattern property that a part refractive index nearly for a core illustrated is high. Hereafter, the case where waveguide 31 has a refractive-index distribution pattern property is explained.

[0044] In drawing 1, 14 optical fibers 11-1E are bundled, and the bundle section 2 is formed. It is arranged so that one end face 32 of the refractive-index distribution pattern waveguide 31 with a high part refractive index nearly for a core may touch the end face 21 of each optical fibers 11-1E of the bundle section 2. The termination side mirror 41 has the flat reflector 42, and a reflector 42 is arranged so that the end face 33 of the refractive-index distribution pattern waveguide 31 may be touched through the optical diffusion layer 43. moreover -- the end face 21 of the bundle section 2 which touches the refractive-index distribution

pattern waveguide 31 -- core part of each optical fibers 11-1E of the bundle section 2 11a-1Ea The removed clad section 11b-1Eb ** The gap section 10 of each optical fibers 11-1E, the whole surface -- a wrap -- like - a bundle side -- light reflex means 22 (reflector 23) It is formed.

[0045] The refractive index of the refractive-index distribution pattern waveguide 31 used here shall be the symmetry of revolution, and shall be distributed over the surroundings of the medial axis of waveguide 31 from the medial axis toward the direction of a periphery parabolic. Such waveguide 31 When it has the refractive-index distribution property expressed with (1) type, the meridional ray (beam of light which spreads the inside of the flat surface containing the medial axis of waveguide 31) which spreads the inside of waveguide 31 becomes fixed [the optical path length from an incidence end face to an outgoing radiation end face] regardless of the incidence location and incident angle of waveguide 31.

[0046]

[Equation 1] $n(r) = n_0 \text{sech}(a \cdot r)$ -- (1) Here, it is [refractive index / on a medial axis] a about $n(r)$ and a refractive-index distributed constant in the refractive index of n_0 and a medial axis to the distance r . It carries out. Moreover, refractive-index distribution When it has the refractive-index distribution property expressed with (2) types, the helical beam of light (beam of light which spreads the surroundings of a medial axis spirally) which spreads the inside of waveguide 31 becomes fixed [the optical path length from the incidence end face 32 to the outgoing radiation end face 33] regardless of the incidence location and incident angle of waveguide 31.

[0047]

[Equation 2] $n(r) = n_0 \{1 + (a \cdot r)^2\}^{-1/2}$ -- (2) and (1) Formula (2) types are 4 (a-r), when all are developed by BEKI ** of (a-r). It is (3) when the above high order term can be disregarded. It can approximate by the formula.

[0048]

[Equation 3] $n(r) = n_0 \{1 - (a \cdot r)^2 / 2\}$ -- (3), therefore the refractive index of waveguide 31 are distributed over parabolic from a medial axis, and it is 4 (a-r). When the above high order term can be disregarded, the optical path length to the outgoing radiation end face 33 becomes almost fixed from the incidence end face 32 of waveguide 31 to any beams of light which spread this waveguide 31.

[0049] Furthermore, refractive-index distribution so that it may illustrate to drawing 4 The locus (T illustrates by drawing 4) of the meridional ray which spreads the inside of the waveguide 31 expressed with (3) types Spacing of the incidence end face 32 and the outgoing radiation end face 33, i.e., the die length of waveguide 31, z , the location of the beam of light in the incidence end face 32 -- r_1 , the incident angle of the beam of light in the incidence end face 32 -- α_1 and the outgoing radiation end face 33 -- r_2 , the outgoing radiation angle of the beam of light in the outgoing radiation end face 33 -- α_2 ** -- if it carries out -- between these parameters -- (4) It is related to a formula.

[0050]

[Equation 4]

$$\begin{aligned} r_2 &= r_1 \cdot \cos(a \cdot z) + \{\alpha_1 / (n_0 \cdot a)\} \cdot \sin(a \cdot z), \\ \alpha_2 &= -r_1 \cdot n_0 \cdot a \cdot \sin(a \cdot z) + \alpha_1 \cdot \cos(a \cdot z) \end{aligned} \quad \text{..... (4)}$$

It is (4) especially when it is $z = \pi/(2a)$. The relation between incident light and outgoing radiation light is (5) from a formula. It is expressed with a formula.

[0051]

[Equation 5]

$$\begin{aligned} r_2 &= \alpha_1 / (n_0 \cdot a), \\ \alpha_2 &= -r_1 \cdot n_0 \cdot a \end{aligned} \quad \text{..... (5)}$$

Therefore, (5) The beam of light which passes along one point (r_1) of the incidence end face 32 of this waveguide 31 when a formula is materialized is that incident angle. (α_1) It is an outgoing radiation angle fixed in the outgoing radiation end face 33, without depending. (α_2) Having [and], that outgoing radiation location (r_2) is an incident angle. (α_1) It will be responded and distributed. The refractive-index distribution pattern waveguide 31 used in the example 2 of this invention is (3). Since it has the refractive-index distribution property expressed with a formula and the die length of waveguide 31 is made into $\pi/(2a)$, it is above-mentioned (5). The relation between the incident light expressed with a formula and outgoing radiation light is materialized.

[0052] Moreover, the optical diffuse reflection means 4 used in the example 2 of this invention consists of an optical diffusion layer 44 which consists of the aggregate of many minute volume mold holograms, and a termination side mirror 41 equipped with a reflector 42. Each minute hologram changes the refractive index of a transparent medium periodically, and is formed. There is a property which diffracts strongly the light which carries out incidence in specific wavelength and a specific direction in a volume mold hologram, and the conditions of the incident light are called a Bragg condition, and are expressed with (6) types.

[0053]

[Equation 6] $k_{\text{appd}} = k_{\text{appi}} + \beta$ -- (6) Here, it is k_{appi} . k_{appd} The direction is equal to the propagation of the diffracted light from the incident light and hologram to a hologram respectively, it is an incident light vector and a diffracted-light vector, respectively, and it is [the magnitude sets wavelength of incident light to λ , and] $2\pi/\lambda$. The direction is equal to the normal of the index surfaces, such as a hologram, β is a grid vector and it is [the magnitude sets the die length of one period of refractive-index change to p , and] $2\pi/p$. Therefore, the combination of the direction of incidence and the diffraction direction with which the Bragg condition of the hologram is filled corresponds to 1 to 1 to each hologram. Here, since the medium is transparent, most incident light [Bragg condition / which carries out incidence to a certain minute hologram] shifted penetrates the minute hologram, without diffracting.

[0054] Thus, the incident light to the optical diffuse reflection means 4 constituted carries out sequential passage of the minute hologram within the optical diffusion layer 44, and is diffracted by the minute hologram which fulfills the Bragg condition of these. The diffracted light from many minute holograms turns into light which diffused incident light as a whole, and outgoing radiation is carried out from the optical diffusion layer 44. The incident light from which the direction of incidence to the optical diffusion layer 44 differs is diffracted by another minute hologram corresponding to the direction.

[0055] The optical diffusion layer 44 used here is included in homogeneity so that the minute hologram corresponding to all the combination of the direction of incidence of the predetermined include angle mentioned later within the limits and the diffraction direction may become the same rate also to the combination of which include-angle direction. Therefore, the incident light which serves as an incident angle smaller than an above-mentioned predetermined include angle at this optical diffusion layer 44 can be diffused in homogeneity in all those predetermined include-angle directions within the limits. Here, the magnitude of an incident angle when the light which carried out outgoing radiation to the predetermined include angle from the optical fiber which is most separated from the medial axis of the refractive-index distribution pattern waveguide 31 reaches the optical diffusion layer 44 corresponds.

[0056] Such an optical star coupler of a configuration operates like the following explanation. one in which the bundle section 2 carried out the graphic display abbreviation in drawing 3 of optical fibers (for example, 12) from -- the lightwave signals 6a-6g which carry out incidence are spread carrying out incidence and being refracted from the end face 32 of the refractive-index distribution pattern waveguide 31, and reach the optical diffusion layer 44 which touched the end face 33. the refractive-index distribution pattern waveguide 31 explained previously Core part (12a) of the optical fiber 12 with which the direction of outgoing radiation of incidence from the end face 33 at this time, i.e., the direction to the optical diffusion layer 44, carried out outgoing radiation of the lightwave signals 6a-6g from the medial axis of the refractive-index distribution pattern waveguide 31 since the relation of (5) types was materialized up to -- according to distance (r_1), it becomes the direction of fixed within the limits (α_2). Namely, (A) of drawing 3 Setting, lightwave signals 6a-6g are core partial 12a of an optical fiber 12 here. The direction of outgoing radiation as for which this light carries out outgoing radiation from an end face 33 since only the light which carried out outgoing radiation at the include angle which becomes settled in the numerical aperture NA of an optical fiber 12 from one point is shown is the fixed direction α_2 . It is become and expressed. The incident light to this optical diffusion layer 44 is diffused in homogeneity in all the predetermined include-angle directions within the limits according to the optical diffusion layer 44. This predetermined include angle is made equal to the magnitude of an incident angle when the light which carried out outgoing radiation from the optical fiber which is most separated from the medial axis of the refractive-index distribution pattern waveguide 31 among the optical fibers 11-1E of the bundle section 2 reaches the optical diffusion layer 44.

[0057] It is reflected in the reflector 42 by which the graphic display abbreviation is carried out in drawing 3, it is again spread in the optical diffusion layer 44, and the diffused light from the optical diffusion layer 44 is (B) of drawing 3. End face 33 illustrated a-g Incidence is continuously carried out to the refractive-index distribution pattern waveguide 31 like. This direction of incidence is distributed within the limits of the above-mentioned predetermined include angle by which fixed was carried out by the optical diffusion layer 44 at homogeneity. Also as opposed to this incident light Since the location of the optical fiber of the

bundle section 2 which the relation of (5) types is realized and the maximum of the angle of incidence to an end face 33 has in the distance most from the medial axis of the refractive-index distribution pattern waveguide 31 is supported. The light 7a-7g which spread the refractive-index distribution pattern waveguide 31 on end face 32 corresponding to the direction whole part with same direction of incidence to end face 33 gathers. On the whole it can be distributed at homogeneity in the circle which makes a radius distance to the optical fiber of the bundle section 2 which exists in the distance most from the medial axis of the refractive-index distribution pattern waveguide 31 focusing on the medial axis of the refractive-index distribution pattern waveguide 31. Therefore, core partial 11a-1Ea of each optical fibers 11-1E which touch an end face 32. Any optical fibers 11-1E of each become the same, and the reaching luminous intensity is these core parts. 11a-1Ea. Since the light which carried out incidence turns into output light from each optical fibers 11-1E as it is, dispersion does not arise from the input lightwave signal over each output to a branching ratio.

[0058] Furthermore, it is reflected by the light reflex means 22 (reflector 22) by the side of bundle 2, and the part of the light by which reaches an end face 32 and outgoing radiation is not carried out from each optical fibers 11-1E spreads the inside of the refractive-index distribution pattern waveguide 31 again. In this way, the multiple echo of it is carried out by Hazama of the optical diffuse reflection means 4 and the light reflex means 22, and the lightwave signal inputted into this optical star coupler turns into an output lightwave signal until it is outputted from optical fibers 11-1E. Since it does not emanate outside other than this output lightwave signal, an optical star coupler with little optical loss can be constituted.

[0059] The bundle section 2 fills up with and fixes adhesives among the tied optical fibers 11-1E, grinds evenly the field which touches the mixing section 3, and is formed. The light reflex means 22 by the side of a bundle exposes the negative-mold photoresist applied to the end face 21 of the bundle section 2 as mentioned above with the light which has sensibility in the photoresist of each optical fibers 11-1E by which outgoing radiation is carried out. This is developed and it is core partial 11a-1Ea of each optical fibers 11-1E. After covering, Reflective film, such as a metal membrane, is formed in the end face 21 of this bundle section 2 by vacuum evaporation, and it is core partial 11a-1Ea of each optical fibers 11-1E to the last. The covered photoresist can be manufactured by exfoliating.

[0060] After the refractive-index distribution pattern waveguide 31 processes the optical glass which doped the monovalence ion to which for example, the rate of electronic polarization tends to move the inside of glass at an elevated temperature greatly in the shape of a cylinder, it can be manufactured by forming required refractive-index distribution using the parabola approximation nature of the ionic diffusion distribution produced by exchanging for the ion which carried out long duration immersion at fused salt, and doped this beforehand, and the alkali ion in fused salt.

[0061] The aggregate of the minute hologram which makes the optical diffusion layer 44 is obtained by irradiating the coherent diffused light and exposing it to sensitization material, such as a photopolymer from which a refractive index changes according to light exposure. Since the luminous-intensity distribution by the interference fringe which the two flux of lights which cross inside the exposed sensitization material build is recorded as refractive-index change of sensitization material and serves as a hologram, the combination of the incident light and the diffracted light which fulfill the Bragg condition of this hologram is in agreement with the combination of the two flux of lights which exposed this hologram. Therefore, since intensity modulation of the interference fringe which the flux of light of the 2-way builds will be carried out in the same magnitude even when the two directions of the include-angle within the limits are combined how if it is made homogeneity within the limits of the predetermined include angle required of the optical diffusion layer 44 which mentioned above the intensity distribution of the diffused light which exposes sensitization material, the optical diffusion layer 44 with the diffusion property mentioned above can be acquired.

[0062] Although die-length z of the refractive-index distribution pattern waveguide 31 was made into $\pi/(2a)$ in the example shown in drawing 1 and drawing 3. At waveguide with the same refractive-index distribution as this, it is die-length z . Since the direction of outgoing radiation of the outgoing radiation light from an other-end side can be changed according to the incidence location of the incident light to the end face of one of these when expressed with (7) types. This invention can be constituted even if it uses the refractive-index distribution pattern waveguide 31 of die-length z of (7) type.

[0063]

[Equation 7] $z = (2N+1) \cdot \pi / (2a)$ -- Although (7), however N used for the optical diffusion layer 44 the hologram which penetrates and diffuses incident light in the forward integer and the example shown in drawing 1 and drawing 3, even if they use for the optical diffusion layer 44 further the hologram which it

replaces [hologram] with this, and reflects and diffuses incident light, they can constitute this invention.
[0064]

[Example 3] In drawing 7, eight optical fibers 11-18 place bundle section 2A neatly in the shape of a periphery on an end face 21, and it is arranged. the waveguide 81 of mixing 8 -- at least -- the core section of the optical fibers 11-18 of bundle section 2A 11a-18a Core section 81a of the cylindrical shape-like waveguide 81 which has wrap thickness This core section 81a They are the wrap clad sections 81b and 81c about a both-sides side (front face except the ends sides 32 and 33). It is constituted and is core section 81a. The light which spreads inside fulfills total reflection conditions, and is the clad sections 81b and 81c. It is constituted by the appearance which does not begin to leak. The piece end face 32 of the waveguide 81 of mixing 8 is the core section of optical fibers 11-18. 11a-18a It is core section 81a of the cylindrical shape-like waveguide 81 about all range. It has been arranged so that it may cover, and it is in contact with the end face 21 of bundle section 2A. Moreover, the core section of the optical fibers 11-18 of bundle section 2A 11a-18a As for the whole surface to remove, the bundle side reflector 23 is installed. In the other end side 33 of the waveguide 81 of mixing 8, the termination side mirror 41 is installed in the whole surface as light reflex means 4A.

[0065] Next, the case where signal light carries out incidence to the waveguide 81 of mixing 8 from one optical fiber (for example, 11) is explained. First, the cylindrical coordinate system ($R\theta Z$) which made the zero the core of the end face 21 by the side of bundle 2A is introduced to the waveguide 81 of mixing 8. The die length of r and z shaft orientations is set to z_0 for the radial die length of the waveguide section 81 of the cylindrical shape-like mixing 8, and the medial axis of the waveguide section 81 of mixing 8 is made into the z -axis so that it may illustrate to (B) of drawing 7, and it is $z=0$. System of coordinates are set up so that a field may turn into the bundle side edge side 21. The waveguide section 81 of mixing 8 can be expressed as a graphic form of $R=r$, $-\pi \leq \theta \leq \pi$, and $0 \leq z \leq z_0$ in these cylinder seat system of coordinates.

[0066] It is the center position (R, θ, Z) of now and an optical fiber 11 = (0 r , 0) The case where carried out and signal light carries out incidence in the forward direction of the z -axis from an optical fiber 11 is explained. $z=0$ The include-angle θ dependency of the signal light power in near is (A) of drawing 10. It becomes a near form at the appearance illustrated at the near field pattern (NFP; Near Field Pattern) of an optical fiber. this distribution property moves, the travelling direction, i.e., z shaft orientation, of light, -- alike -- following -- (B) of drawing 10 ***** -- like -- $\theta=0$ the curve of the crest made into the peak -- drawing -- coming -- soon -- (C) of drawing 10 ***** -- small flat distribution of an include-angle θ dependency comes to be shown like.

[0067] By the way, it sets to a cylindrical coordinate system and is [0068].

[Equation 8] $\theta = \theta + 2m\pi$ -- (8) however $-\pi \leq \theta \leq \pi$, and m : -- the signal light power in $\theta = \theta$ since it is all integers and an include angle θ shows the same point physically -- (8) a formula -- all m of $-\infty < m < \infty$ the signal light power in corresponding θ -- the direction of θ -- respectively -- $-2m\pi$ [every] parallel displacement is carried out, and they are all added. This is applicable similarly, after signal light is reflected by the termination side mirror 41 in the location of $Z=z_0$.

[0069] By taking greatly beyond the value which was able to define z_0 beforehand here, the signal light reflected by the termination side mirror 41 is $z=0$. The include-angle θ dependency (inclination) of the signal light power when returning becomes small relatively. Namely, (C) of drawing 10 While the inclination itself illustrated as a continuous line according like to the include angle θ of the signal light power of the include-angle range ($-\pi \leq \theta \leq \pi$) becomes small an include angle -- signal light power [being out of range ($\theta < -\pi, \pi < \theta$)] is illustrated by the dotted line -- since the parallel displacement only of $2m\pi$ is carried out and it is added like -- synthesized signal light power in the range of $-\pi \leq \theta \leq \pi$ PALL It is equalized. Consequently, variation in the power of the signal light outputted to each optical fibers 11-18 can be made small.

[0070] Here, although signal light made the center position (R, θ, Z) of the optical fiber which carries out incidence = (0 r , 0), if the symmetry of an include angle θ is taken into consideration, being general (R, θ, Z) and the explanation same also as = (r, θ_0), however $-\pi \leq \theta \leq \pi$ as above-mentioned explanation will be realized in the center position of the optical fiber in which signal light carries out incidence. Moreover, in an above-mentioned optical star coupler, the end face 21 formed in the flat surface of bundle section 2A can be equipped with the light reflex means 22. Especially this light reflex means 22 is the core section of two or more optical fibers 11-18. 11a-18a It removes and is core section 81a of the waveguide 81 of the mixing section 8 at least. By forming the light reflex side 23 in the contacting whole surface Core section 11a of each optical fibers 11-18 - 18a which touch an end face 32 Since the lightwave

signal in which it resulted serves as output light from each optical fibers 11-18 as it is, branching to each output light from an input lightwave signal can constitute dispersion small. Moreover, core parts 11a-18a of each optical fibers 11-18 It is reflected in the reflector 23 of the light reflex means 22, and the lightwave signal which reached except is core partial 81a of waveguide 81 again. It spreads. In this way, the multiple echo of it is carried out to light reflex means 4A by Hazama of the light reflex means 22 until a lightwave signal is outputted from each optical fibers 11-18, and it is not emitted outside other than the output light from each optical fibers 11-18. Therefore, optical loss is small and can transmit a lightwave signal efficiently.

[0071]

[Example 4] In drawing 8, bundle section 2B of the example of a graphic display arranges an end face 21 in a rectangle side, and eight optical fibers 11-18 are arranged. the waveguide 92 of mixing 9 -- at least -- the core section of the optical fibers 11-18 of bundle section 2B 11a-18a Core section 92a of a square pole configuration with the rectangle cross section of the dimension included altogether This core section 92a It is wrap clad section 92b about a side face (front face except the ends sides 32 and 33). It is constituted and is core section 92a. The light which spreads inside fulfills total reflection conditions, and is clad section 92b. It is constituted by the appearance which does not begin to leak. The piece end face 32 of the waveguide 92 of mixing 9 is the core section of optical fibers 11-18. 11a-18a It is core section 92a about all range. It has been arranged so that it may cover, and it is in contact with the end face 21 of bundle section 2B. Moreover, the core section of the optical fibers 11-18 of bundle section 2B 11a-18a As for the whole surface to remove, the bundle side reflector 23 is installed. In the other end side 33 of the waveguide 92 of mixing 9, the termination side mirror 41 is installed in the whole surface as light reflex means 4C.

[0072] Next, the case where signal light carries out incidence to the waveguide 92 of mixing 9 from one optical fiber (for example, 11) is explained. First, the rectangular coordinate system XYZ which made the zero the core of the end face 21 by the side of bundle 2B is introduced to the waveguide 92 of mixing 9. (B) of drawing 8 The die length of a and Y shaft orientations is set to b for the die length of X shaft orientations of the waveguide 92 of the mixing 9 of a square pole configuration, and the die length of Z shaft orientations of the waveguide 92 of mixing 9 is set to z0 so that it may illustrate, and it is $z=0$. System of coordinates are set up so that a field may turn into the bundle side edge side 21. The waveguide 92 of mixing 9 can be expressed in this rectangular coordinate system as a graphic form of $-a/2 \leq X \leq a/2$, $-b/2 \leq Y \leq b/2$, and $0 \leq Z \leq z0$.

[0073] Although the examples of a graphic display of drawing 8 differ in order to make explanation brief, it is the center position of an optical fiber 11 temporarily now = (X, Y, Z) (0, 0, 0) It carries out and is core section 92a of the waveguide 92 of a square pole configuration. The case of being very large is assumed. In this condition, the case where signal light carries out incidence in the forward direction of the z-axis from an optical fiber 11 is considered. In this condition, distribution of signal light power serves as a property illustrated as the continuous line of drawing 11. Namely, $z=0$ The dependency of X shaft orientations of the signal light power in near is (A) of drawing 11. It becomes a near form at the appearance illustrated at the near field pattern (NFP; Near Field Pattern) of an optical fiber. this distribution property moves, the travelling direction, i.e., z shaft orientation, of light, -- alike -- following -- (B) of drawing 11 ***** -- like -- $X=0$ the curve of the crest made into the peak -- drawing -- coming -- soon -- (C) of drawing 11 ***** - - small flat distribution of an X-axis dependency comes to be shown like.

[0074] On the other hand, the actual waveguide 92 is the core section 92 of waveguide 92, and clad section 92b to the location $(-a/2, a/2)$ of X shaft orientations. Since there is an interface, the total reflection of signal light occurs in this interface. The location of the interface in which signal light carries out total reflection since the 2nd page of the interface which carries out total reflection exists in parallel in the waveguide 92 of a square pole configuration at the X-axis and a Y-axis, for example, interface [which intersects perpendicularly with the X-axis] **, is (9). It is expressed with a formula.

[0075]

[Equation 9] $X=(2m-1) \cdot (a/2)$ -- (9), however m: For all integers, i.e., the signal light power in the actual waveguide 92, the signal light illustrated as the continuous line of drawing 11 is (9). The location shown by the formula is turned up as a fold, and all are added in piles. This is applicable similarly, after signal light is reflected by the termination side mirror 41 in the location of $Z=z0$.

[0076] By taking greatly beyond the value which was able to define $z0$ beforehand here, the X-axis dependency (inclination) of signal light power when the signal light reflected by the termination side mirror 41 returns to $Z=0$ becomes small relatively. Namely, $-a/2 \leq X \leq a/2$ It is equalized and synthesized signal light power PALL </SUB> in the range can make small variation in the direction of X of the signal light

power outputted to each optical fibers 11-18.

[0077] The content of explanation of X shaft orientations shown above is applicable to Y shaft orientations as it is. That is, it is $-b/2 \leq Y \leq b/2$ by taking the large die length z_0 beyond the value which was able to be defined beforehand of waveguide 92. Synthesized signal light power in the range PALL It is equalized and variation in the direction of Y of the signal light power outputted to each optical fibers 11-18 can be made small.

[0078] As mentioned above, it is the center position (X, Y) of an incident light fiber = (0 0) Although carried out - $a/2 \leq X \leq a/2$ - $b/2 \leq Y \leq b/2$ It is arbitration (X, Y) at within the limits. Signal light power PALL synthesized although chosen By taking the large die length z_0 of waveguide 92 to extent which becomes flat enough **** (X, Y) = (0 0) The same explanation as a case is realized. Variation in the signal light power outputted to optical fibers 11-18 can be made sufficiently small by making it long beyond the value which was able to define beforehand the waveguide 92 of the mixing 9 of a square pole configuration from the above thing.

[0079] Drawing 9 is the example of others concerning the example 4 of this invention. Namely, the cross section of the shape of a polygon of the waveguides 91, 92, and 93 which make the multiple column of the mixing section 9 A triangle, a square, and a hexagon correspond and it is (A) of drawing 9 . Core section 91a of waveguide 91 The case where the triangle shown as a thick continuous line is made is illustrated. (b) of drawing 9 Core section 91a of waveguide 91 The case where a square is made is illustrated and it is (c) of drawing 9 . Core section 91a of waveguide 91 The case where a hexagon is made is illustrated.

[0080] Signal light power synthesized in the cross section of the shape of this polygon by the total reflection operation generated in the interface of core section 91a (92a, 93a) and clad section 91b (92b, 93b) PALL It is reflected by return considering the location illustrated by the dotted line as a fold, and all are added in piles. Signal light power by which the signal light which carried out incidence to the location of arbitration by polygon-like within the limits was also synthesized since this fold constituted without the lap here that there is no clearance PALL By taking the large die length z_0 of waveguide 92 to extent which becomes flat enough, variation in the signal light power outputted to an optical fiber can be made sufficiently small.

[0081] Moreover, the configuration where a part of edge corner of these triangles, a square, and a hexagon was deleted or rounded off, for example in addition to the triangle, the square, and the hexagon is sufficient as the shape of a polygon of the mixing section 9 which makes a multiple column. In this case, it can hold down to the variation which is convenient practically by a clearance's occurring into an edge corner equivalent part at an above-mentioned fold, and making a clearance equivalent part sufficiently small, although the factor of the variation in the signal light power by which the signal light power of this clearance part is outputted to an optical fiber is formed.

[0082]

[Example 5] Moreover, the light reflex means 4A and 4C arranged in the optical star coupler stated in the examples 3 and 4 in the other-end side 33 of the waveguides 81, 91-93 of the mixing sections 8 and 9 are the optical diffuse reflection means 4B and 4D. It can have. And these optical diffuse reflection means 4B and 4D With the above-mentioned examples 1 and 2 having described, the optical diffusion layer 43 which becomes a front face from a transparent member with detailed irregularity can be similarly established between the other-end side 33 of the mixing sections 8 and 9, and the flat reflector 42 of the termination side mirror 41, and it can form.

[0083] Moreover, diffuse reflection of a lightwave signal can be performed by forming the optical diffusion layer 45 equipped with a reflector with detailed irregularity in a front face as a termination side mirror 41 as optical diffuse reflection means 4B and 4D, without establishing a reflector 42 and the optical diffusion layer 43 separately. They are the optical diffuse reflection means 4B and 4D further again. It replaces preparing in the termination side mirror 41, and they are the optical diffuse reflection means 4B and 4D. The optical diffusion layer 45 which equips the other-end side 33 of the mixing sections 8 and 9 with a minute concavo-convex side and a minute reflector can be constituted. The same operation and effectiveness as the case where the above-mentioned optical diffusion layer 43 is formed also in these cases by the transparent member which has detailed irregularity in a front face can be acquired.

[0084] Moreover, optical diffuse reflection means 4B and 4D The optical diffusion layer 44 which consists of a volume hologram can be established and formed between the other-end side 33 of the mixing sections 8 and 9, and the flat reflector 42 of the termination side mirror 41. Such a volume mold hologram is obtained by irradiating the coherent diffused light and exposing it to sensitization material, such as a photopolymer. The hologram which has a desired optical diffusion property by choosing the incident angle to the range of the diffusion angle of this diffused light to irradiate, intensity distribution, wavelength, and sensitization

material etc. is obtained.

[0085] By this configuration, they are the optical diffuse reflection means 4B and 4D to the other-end side 33 of the mixing sections 8 and 9. By having, the die length z_0 of the waveguide 81 of the cylindrical shape with which a cross section makes concentric circular, the waveguides 91 and 92 of the multiple column with which a cross section makes the shape of a polygon, and the mixing sections 8 and 9 of 93** can be shortened. Moreover, variation in the signal light power outputted to an optical fiber can be made sufficiently small.

[0086]

[Effect of the Invention] Since an optical diffuse reflection means is formed in the reflector of a termination side mirror according to the configuration of this invention as stated above, the intensity distribution of the lightwave signal which spreads the mixing section can be equalized. Consequently, even if a location gap of some is between each optical fiber of the bundle section, and the mixing section, variation in the branching ratio from the input lightwave signal over the output light to each optical fiber can be made small.

[0087] Moreover, since the lightwave signal which carried out incidence from one optical fiber of the bundle sections can carry out the homogeneity of the optical intensity distribution in the end face of the bundle section by it being spread in an optical diffusion layer and spreading refractive-index distribution pattern waveguide, it can lessen variation in the branching ratio from the input lightwave signal over the output light to each optical fiber. Moreover, since the multiple echo of it is carried out in the mixing section and the lightwave signal inputted since the light reflex means of a bundle side mirror was formed in the field which the bundle section and the mixing section join the whole surface other than the core part of the optical fiber of the bundle section is not emitted outside in any forms other than output light until it serves as output light, its loss is small, and a lightwave signal can be transmitted efficiently.

[0088] Moreover, variation in the output light to an optical fiber can be made small by making it longer than the die length which was able to define this waveguide die length beforehand by making waveguide of mixing into the shape of a cylindrical shape, and a multiple column configuration. Consequently, without spoiling the utilization space effectiveness of an optical fiber and the mixing section, the lightwave signal by which incidence was carried out to the mixing section from the optical fiber can be branched and combined efficiently, and the optical star coupler which makes reinforcement of a lightwave signal homogeneity can be offered.

[Translation done.]

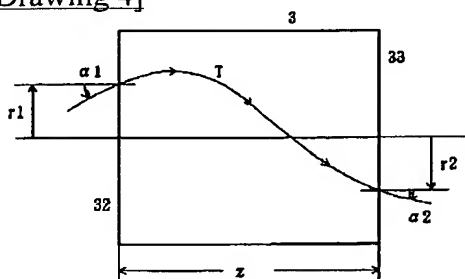
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

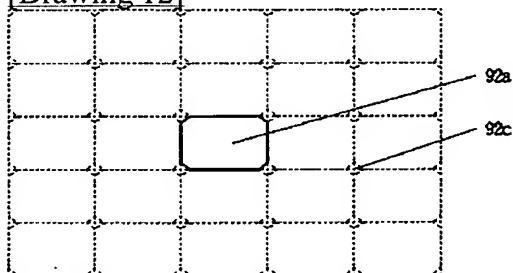
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

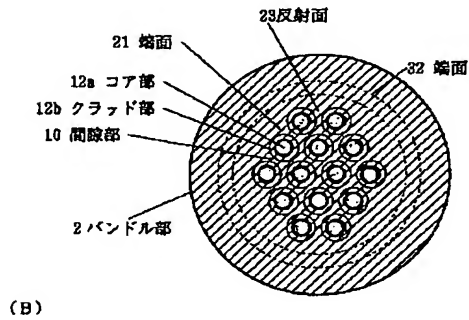
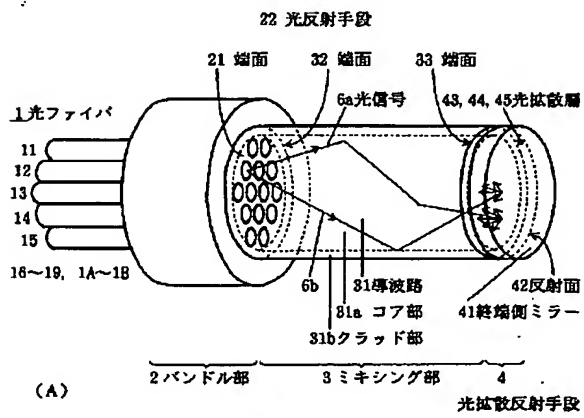
[Drawing 4]



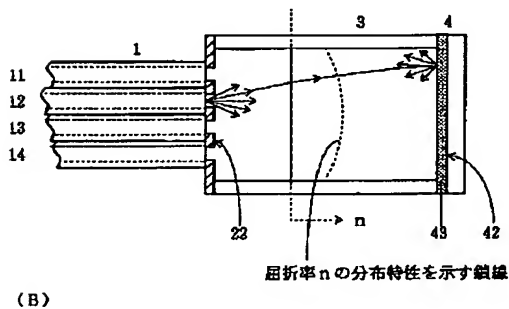
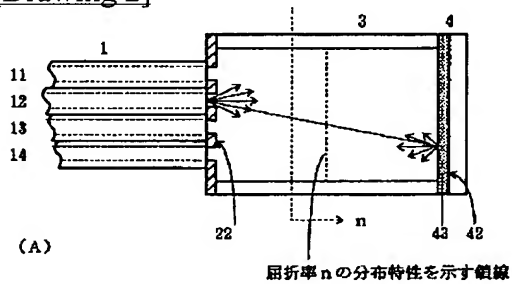
[Drawing 12]



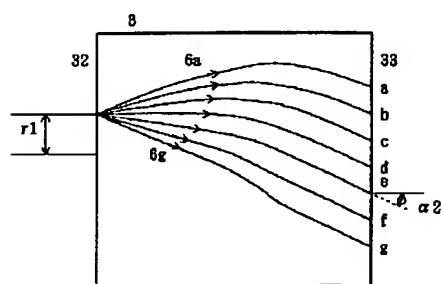
[Drawing 1]



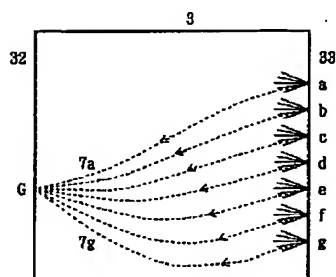
[Drawing 2]



[Drawing 3]

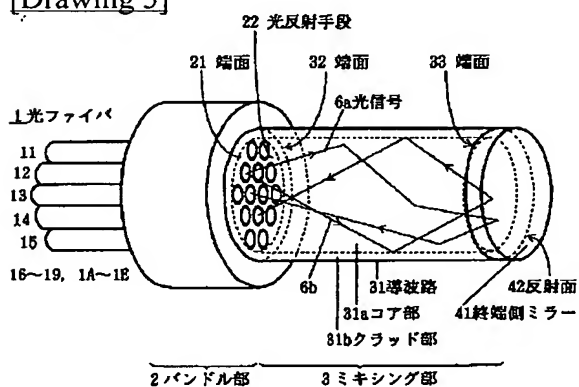


(A)

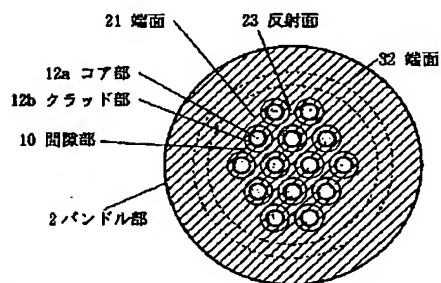


(B)

[Drawing 5]

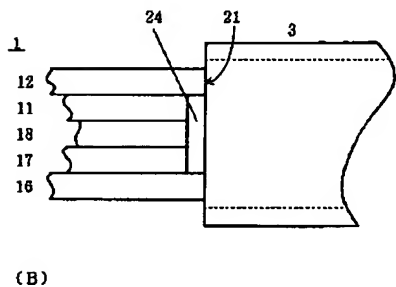
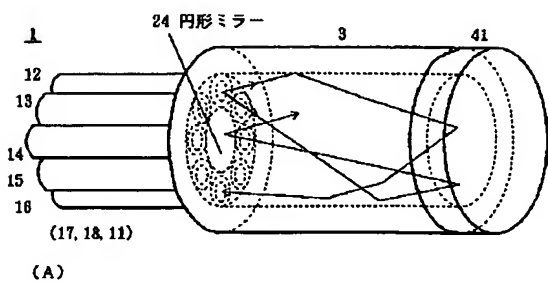


(A)

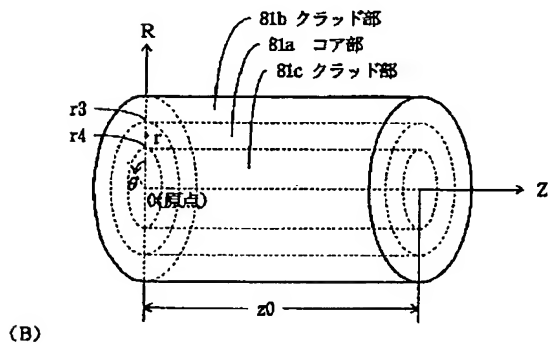
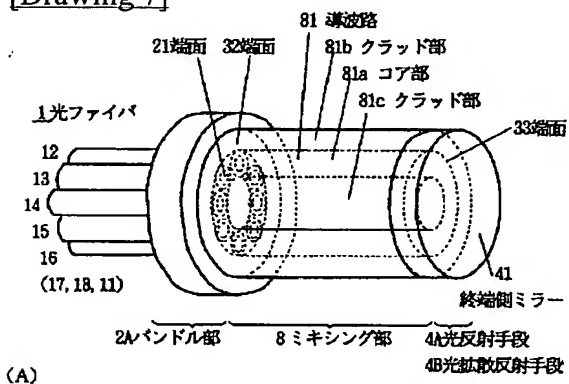


(B)

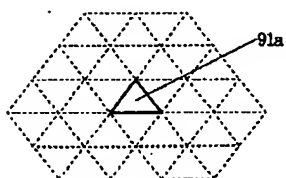
[Drawing 6]



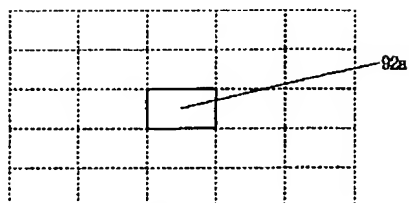
[Drawing 7]



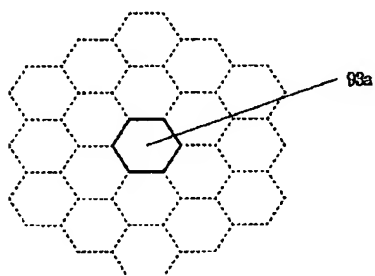
[Drawing 9]



(A)

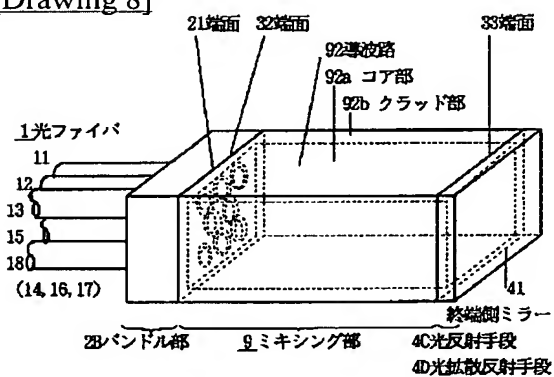


(B)

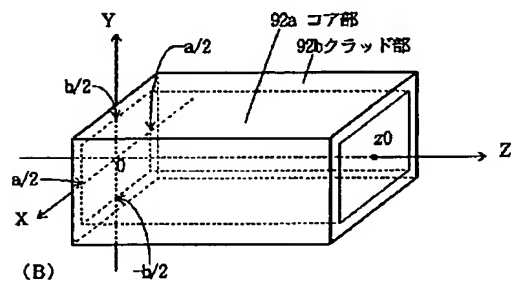


(C)

[Drawing 8]

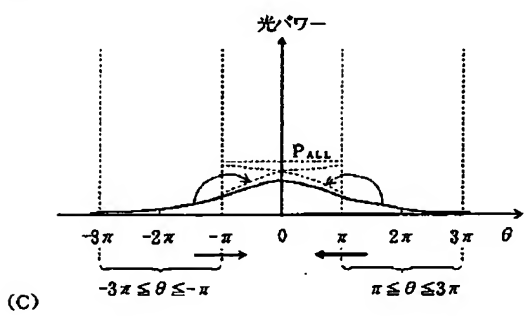
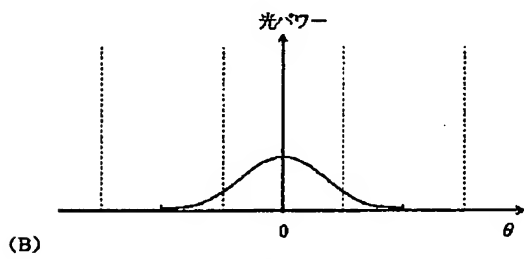
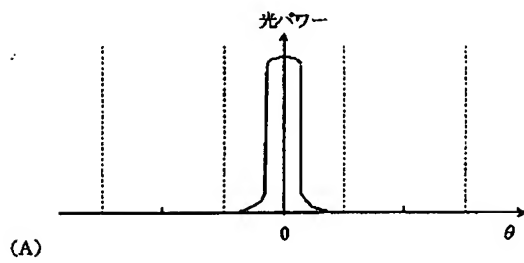


(A)

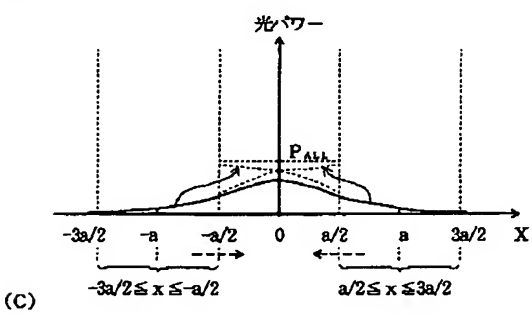
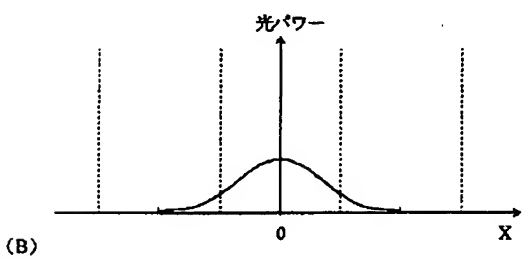
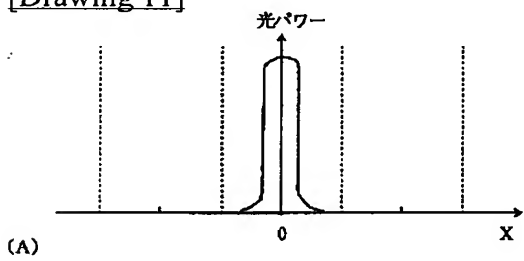


(B)

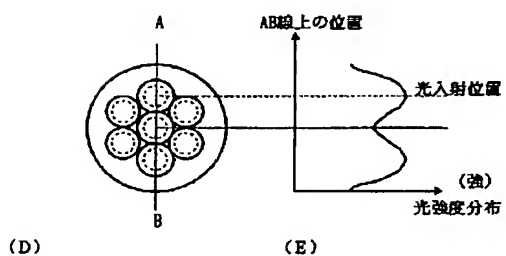
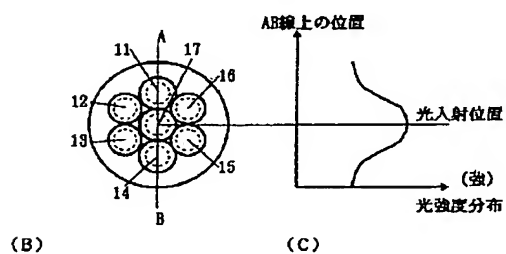
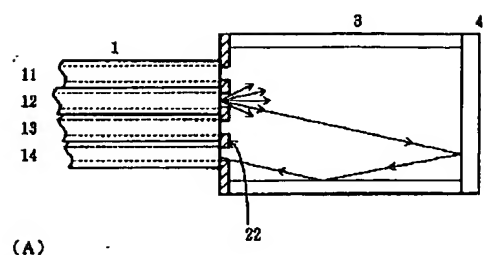
[Drawing 10]



[Drawing 11]



[Drawing 13]



[Translation done.]

(11)特許出願公開番号

特開平9-184941

(43)公開日 平成9年(1997)7月15日

(51) Int. Cl.⁸
G 0 2 B 6/28

識別記号 庁内整理番号

F I
G 0 2 B 6/28

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 16 頁)

(21)出願番号	特願平8-232405
(22)出願日	平成8年(1996)9月3日
(31)優先権主張番号	特願平7-281941
(32)優先日	平7(1995)10月30日
(33)優先権主張国	日本(JP)

(71)出願人 000005234
富士電機株式会社
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72)発明者 小林 毅
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
富士電機株式会社内

(72)発明者 斎藤 哲哉
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
富士電機株式会社内

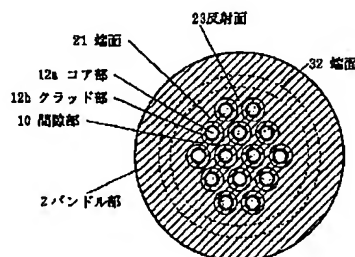
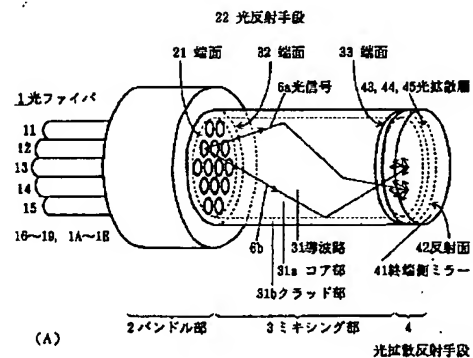
(74)代理人 弁理士 山口 巖

(54) 【発明の名称】 光スターカブラ

(57) 【要約】

【課題】光ファイバからミキシング部に入射された光信号を効率良く分岐・結合し、光信号の強度を均一にする光スターコプラを提供する。

【解決手段】複数の光ファイバ11～1Eの片端を束ねて固定し、この端面21を平面研磨し、端面21の一部に光反射手段22を備えるバンドル部2と、一方の端面32がバンドル部2の平面研磨された端面21に当接し、少なくとも、複数の光ファイバ11～1Eのコア部11a～1Eaを覆う広さを備える導波路31からなるミキシング部3と、ミキシング部3の他方の端面33に配備される光拡散反射手段4と、を備える。



(2)

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の光ファイバの片端を束ねて固定し、この端面を平面に形成したバンドル部と、一方の端面がバンドル部の平面に形成された端面に当接し、少なくとも、複数の光ファイバのコア部を覆う広さを備える導波路からなるミキシング部と、ミキシング部の他方の端面に配備される光拡散反射手段と、を備える、ことを特徴とする光スターカブラ。

【請求項2】複数の光ファイバの片端を束ねて固定し、この端面を平面に形成したバンドル部と、一方の端面がバンドル部の平面に形成された端面に当接し、少なくとも、複数の光ファイバのコア部を覆う広さを備える導波路からなるミキシング部と、ミキシング部の他方の端面に配備される光拡散反射手段と、を備え、ミキシング部の導波路は、中心部分ほど屈折率が高い屈折率分布型導波路を構成する、ことを特徴とする光スターカブラ。

【請求項3】請求項2に記載の光スターカブラにおいて、ミキシング部の導波路の2つの端面の間隔は、一方の端面への入射光の入射方向に応じて、他方の端面からの出射光の出射位置が定まる寸法とする、ことを特徴とする光スターカブラ。

【請求項4】複数の光ファイバの片端側を円筒状に配置・固定し、この端面を平面に形成したバンドル部と、一方の端面がバンドル部の平面に形成された端面に当接し、少なくとも、前記円筒状に配置される複数の光ファイバのコア部を覆う広さを備え、断面が同心円状をなす円筒形の導波路からなるミキシング部と、ミキシング部の他方の端面に配備される光反射手段と、を備える、ことを特徴とする光スターカブラ。

【請求項5】複数の光ファイバの片端を多角形状に配置・固定し、この端面を平面に形成したバンドル部と、一方の端面がバンドル部の平面に形成された端面に当接し、少なくとも、前記多角形状に配置される複数の光ファイバのコア部を覆う広さを備え、断面が多角形状をなす多角柱の導波路からなるミキシング部と、ミキシング部の他方の端面に配備される光反射手段と、を備える、ことを特徴とする光スターカブラ。

【請求項6】請求項4または請求項5に記載の光スターカブラにおいて、ミキシング部の他方の端面に配備される光反射手段は、光拡散反射手段を備える、ことを特徴とする光スターカブラ。

【請求項7】請求項1ないし請求項6のいずれかの項に記載の光スターカブラにおいて、バンドル部の平面に形成される端面は、光反射手段を備える、ことを特徴とする光スターカブラ。

2

【請求項8】請求項7に記載の光スターカブラにおいて、バンドル部端面の平面に形成される光反射手段は、複数の光ファイバのコア部を除き、少なくとも、ミキシング部が当接する全面に光反射面を形成する、ことを特徴とする光スターカブラ。

【請求項9】請求項1、2、3、6、7、8のいずれかの項に記載の光スターカブラにおいて、光拡散反射手段は、ミキシング部の他方の端面と終端側ミラーの平坦な反射面との間に透明な光拡散層を設けて形成する、ことを特徴とする光スターカブラ。

【請求項10】請求項1、2、3、6、7、8のいずれかの項に記載の光スターカブラにおいて、光拡散反射手段は、ミキシング部の他方の端面と終端側ミラーの平坦な反射面との間に体積ホログラムからなる光拡散層を設けて形成する、ことを特徴とする光スターカブラ。

【請求項11】請求項1、2、3、6、7、8のいずれかの項に記載の光スターカブラにおいて、光拡散反射手段は、終端側ミラーがミキシング部と当接する面側に微小な凹凸面を有する反射面を備える、ことを特徴とする光スターカブラ。

【請求項12】請求項11に記載の光スターカブラにおいて、光拡散反射手段を終端側ミラーに設けることに代わって、光拡散反射手段は、ミキシング部の他方の端面に微小な凹凸面と、反射面と、を備える、ことを特徴とする光スターカブラ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、任意の光ファイバから伝送される光信号を分岐し、他の光ファイバに均等に低損失で結合するための光スターカブラに関する。

【0002】

【従来の技術】一般に光ファイバ等を用いて情報通信網を構築するには、1つの光信号を複数の光ファイバに分岐したり、複数の光ファイバからの光信号を1つの光ファイバに集めたりする光スターカブラが必要となる。こうした目的を達成する光スターカブラとしては、特開昭59-126510「スターカブラ」、United States Patent. 4 365864 Dec. 28, 1982 “OPTICAL FIBRE MULTIPORT COUPLERS”が開示されている。図5は上記開示された従来技術の内、本発明に関連する部分を抽出しアレンジした光スターカブラの一例であり、以下、この要旨を説明する。

【0003】図5において、光スターカブラは、複数の光ファイバ11～19、1A～1E（以下、複数の光ファイバ11～1Eで表示する）の片端を束ねて固定し、この複数の光ファイバ11～1Eを固定した端面21を平面に形成し、この端面21の一部に光反射手段22を備えるバンドル部2と、一方の端面32がバンドル部2の平面に形成された端面21に当接し、少なくとも、複数の光ファイバ11～1Eのコア部を覆う広さを備える導波路31を構成するミキシング部

(3)

3

3と、ミキシング部3の他方の端面33に配備される反射面42を備える終端側ミラー41と、を備えて構成される。

【0004】かかる構成において、この光スターカブラは、複数の光ファイバ11～1Eを束ねたバンドル部2の端面21と、図示例では円柱状で透明な光学ガラスからなるミキシング部3の端面32と、を接合する。光ファイバ11～1Eのバンドル部2と接合されている端面32とは反対側のミキシング部3の端面33には、反射面42を有する終端側ミラー41が貼りつけられる。ミキシング部3の導波路31は、円柱状のコア部31aの側面周囲にコア部31aより屈折率の小さいクラッド部31bが形成されている。

【0005】この様な光スターカブラにおいて、例えば光ファイバ12からミキシング部3に入射する光信号6a, 6bは、ミキシング部3の導波路31の中に広がり、その一部はミキシング部3のコア部31aの側面で全反射されながら伝播し、終端側ミラー41に達する。さらに、これらの光信号6a, 6bは終端側ミラー41で反射され、再びミキシング部3の導波路31を伝播して光ファイバ11～1E側にもどる。ここで各光ファイバ11～1Eのコア部分11a～1Eaに達した光はその光ファイバを通して出力される。

【0006】特開昭59-126510「スターカブラ」の図示例では、終端側ミラー41がミキシング部3の他方の端面33上に光学反射処理（反射面42）が施され、また、バンドル部2の端面21の一部に形成された光反射手段22は、複数の光ファイバ11～1Eのコア部11a～1Eaを除いたクラッド部11b～1Ebと光ファイバ11～1Eの相互間に形成される間隙部10とに光学反射処理（反射面23）が形成されて構成される。例えば、光ファイバ12からミキシング部3に入射した光信号は、ミキシング部3の長さを充分長くとることにより、反射面42で反射し、端面21の全面にほぼ一様に拡散することができる。複数の光ファイバ11～1Eのコア部11a～1Eaに入射した光信号はそのまま出力され、クラッド部11b～1Ebや間隙部10への光信号は反射面23と反射面42とで反射を繰り返して出力される。この結果、光ファイバ12からきた光信号は、低損失で他の光ファイバ11～1Eに分配することができる。

【0007】また、United States Patent. 4365864 Dec. 28, 1982 “OPTICAL FIBRE MULTIPORT COUPLERS”のFig. 1（当該部材番号は括弧付で表示する）の図示例では、終端側ミラー41は当該発明の全反射ミラー(18)に対応し、また、バンドル部2の端面21の一部に形成された光反射手段22は、アパーチャー付ミラー(19)のアパーチャー部分を介して各光ファイバ11～1Eのコア部11a～1Eaからの光信号6a, 6bをミキシング部3に入射させる。そして、光ファイバ12からミキシング部3に入射した光信号6a, 6bは、反射面42で反射し、端面21の全面にほぼ一様に拡散し、光ファイバ11～1Eのコア部11a～1Eaに入射した光信号6a, 6bはそのまま出力される。クラッド部11b～1Ebや間隙形成部分10への光信号は反射面23と反射面42とで反射を繰り返して出力される。この結果、

4

低損失で他の光ファイバ11～1Eに分配することができる。なお、アパーチャー付ミラー(19)は、バンドル部2の端面21上に形成するか、あるいは、ミキシング部3の端面32上に形成される。

【0008】上述の構成の光スターカブラはミキシング部3の寸法を適切に選択し、ミキシング部3の導波路31に入射した光信号6a, 6bが反射面42で反射し端面21の全面にほぼ一様に拡散する様に図るが、実験結果によれば、ミキシング部3の導波路31の中央部分に入射した光は、導波路31の周辺部分での光強度分布が少なく、また逆に、導波路31の周辺部分に入射した光は、導波路31の中央部分での光強度分布が少なくなる傾向がある。図13に実験結果の一例を図示する。

【0009】図13において、図13の(A)は上述の光スターカブラが光ファイバ11～17で構成されたときの構成図を示し、図13の(B), (D)はこの光スターカブラのバンドル部2の光ファイバ11～17の配置図を示し、図13の(C), (E)は横軸に光強度分布を、縦軸に導波路31のAB線上の位置を示し、図13の(C)に中心位置に配置される光ファイバ17から導波路31に光が入射したときの光強度分布特性図を、図13の(E)に周辺位置に配置される光ファイバ11から導波路31に光が入射したときの光強度分布特性図を示す。導波路31の中央部分の光ファイバ17から入射した光は、導波路31の中央部分で光強度分布が大きく、周辺部分で少なくなる。また逆に、導波路31の周辺部分、例えば、光ファイバ11から入射した光は、導波路31に入射する光ファイバ11～16がある同心円状の帯状の部分で光強度分布が大きく、中央部分での光強度分布が少なくなる傾向がある。いずれの場合にも、光ファイバ11～17から出力される光強度がバラツク原因となる。

【0010】図6はこの様な問題を改善するために従来から行われていた他の従来技術例である。図6において、図5と異なる主な点は、光強度分布が少なくなるミキシング部3の中央部分に光ファイバがなく、代わりにこの部位に反射面23を有する円形ミラー24が配置されている点である。即ち、光ファイバ11～18の端面が円周をなすように並べてバンドル化した複数の光ファイバ11～18をミキシング部3に接合して構成される。光ファイバ11～18が接合されているミキシング部3の一方の端面32の光ファイバ11～18の内側部分には円形ミラー24が形成され、また、ミキシング部3の他端33に反射面42を備える終端側ミラー41が形成されている。ここで、例えば光ファイバ12からの光信号は、ミキシング部3の導波路31の中を分散しながら伝播し、終端側ミラー41で反射され、再びミキシング部3の導波路31の中を伝播して光ファイバ11～18側にもどる。ここで各光ファイバ11～18のコア部分11a～18aに達した光は出力され、また、円形ミラー24に達した光は反射されて再びミキシング部2の中を往復する。

【0011】

(4)

5

【発明が解決しようとする課題】上述の様に従来技術による光スターカプラでは、信号光がいずれの光ファイバから入射した場合でも、円柱形状のミキシング部の導波路中を伝播する光の端面に平行な断面における光強度分布は、均一にすることができない。従って、光ファイバを単に束ねて密集させてバンドル化した構成を用いると各光ファイバへ分岐される出力光信号の強度にバラツキが生ずる。

【0012】これを解消して、各光ファイバに分岐される光信号の強度を均一にするために、光ファイバをミキシング部の中心軸から一定距離を離れた円周上に配置する方法が提案されている。この様な構成の場合は、光信号の分岐比を各光ファイバ毎に一定にするには、各光ファイバとミキシング部との位置ずれを十分に小さくしなければならないという加工精度上の問題がある。

【0013】さらに、各光ファイバと円形ミラーとの各々の間に隙間があるときは、ミキシング部を伝播してその隙間に達した光は出力光とならずに外部に放射され、損失となる。同様にミキシング部を伝播して各光ファイバのクラッド部分に達した光も、光ファイバ中をほとんど伝播できないため損失となり、これらの損失のために光信号の利用効率が低下するという問題がある。

【0014】本発明は上記の点にかんがみてなされたものであり、その目的は前記した課題を解決して、光ファイバからミキシング部に入射された光信号を効率良く分岐・結合し、光信号の強度を均一にする光スターカプラを提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明においては、複数の光ファイバの片端を束ねて固定しこの端面を平面に形成したバンドル部と、一方の端面がバンドル部の平面に形成された端面に当接し、少なくとも複数の光ファイバのコア部を覆う広さを備える導波路からなるミキシング部と、ミキシング部の他方の端面に配備される光拡散反射手段と、を備えるものとする。

【0016】かかる構成により、光ファイバからミキシング部に入射した光信号がミキシング部の他方の端面に配備される光拡散反射手段に到達し、光拡散反射される。この光拡散反射作用により、反射光は予め定められた分布特性で拡散反射されるので、従来技術におけるバンドル部の光ファイバから入射してミキシング部を伝播する光信号が端面に平行な断面で不均一な光強度分布になると言う問題は、終端側ミラーでの拡散反射により均一化することができる。よってバンドル部の各光ファイバとミキシング部との間に位置ずれがあっても各光ファイバへの光信号の分岐比のばらつきを小さくすることができる。

【0017】また、複数の光ファイバの片端を束ねて固定しこの端面を平面に形成したバンドル部と、一方の端

6

面がバンドル部の平面に形成された端面に当接し、少なくとも複数の光ファイバのコア部を覆う広さを備える導波路からなるミキシング部と、ミキシング部の他方の端面に配備される光拡散反射手段と、を備え、ミキシング部の導波路は、中心部分ほど屈折率が高い屈折率分布型導波路を構成するものとする。

【0018】また、ミキシング部の導波路の2つの端面の間隔は、一方の端面への入射光の入射方向に応じて、他方の端面からの出射光の出射位置が定まる寸法にするものとする。かかる構成により、バンドル部のいずれかの光ファイバからの光信号は、屈折率分布型導波路に入射して屈折されながら伝播し、光拡散反射手段を構成する光拡散層に達する。このときの光信号は、光信号を出射した光ファイバが配置された位置と入射方向とで定まる位置と伝播方向とで光拡散層に入射する。その後、光信号は光拡散層で拡散されて出射し、終端側ミラーで反射され、再び光拡散層で拡散されて屈折率分布型導波路に入射する。拡散されて様々な入射方向で屈折率分布型導波路に入射した光信号は再び屈折率分布型導波路中を伝播し、バンドル部が接している屈折率分布型導波路の端面に達する。拡散反射された光がバンドル部の屈折率分布型導波路の端面に到達する位置は、拡散反射され屈折率分布型導波路に入射する各々の入射方向に対応した様々な位置に分散する。従って、光拡散層での拡散作用によってバンドル部の屈折率分布型導波路に接する端面での光信号の強度分布をより均一化することができ、均一に分布するこの光信号が各光ファイバへの入射光となる。

【0019】特に、ミキシング部の導波路の間隔を、一方の端面への入射光の入射方向に応じて他方の端面からの出射光の出射位置が定まる寸法にすることにより、終端側ミラーからのもどり光を拡散させ、所定の範囲内のあらゆる入射方向で屈折率分布型導波路に入射させれば、バンドル部の各光ファイバの端面が含まれる領域内のあらゆる出射位置に拡散反射光を伝播することができる。光拡散反射手段が拡散反射する光の方向に対して均一な強度分布するときは、バンドル部のあらゆる位置に均一な強度分布の光を伝播させることができる。

【0020】また、複数の光ファイバの片端側を円筒状に配置・固定しこの端面を平面に形成したバンドル部と、一方の端面がバンドル部の平面に形成された端面に当接し、少なくとも円筒状に配置される複数の光ファイバのコア部を覆う広さを備え、断面が同心円状をなす円筒形の導波路からなるミキシング部と、ミキシング部の他方の端面に配備される光反射手段と、を備えるものとする。

【0021】かかる構成により、断面が同心円状をなす円筒形の導波路の長さを予め定められた長さより長くすることにより、任意の光ファイバから円筒形導波路に入射する光は、光ファイバの開口数(NA)に基づく光の広が

(5)

7

りにより、同心円状をなす円筒形の導波路周辺で反射され、同心円の中心軸に対して円周方向の角度依存性の少ない光パワーを得ることができる。即ち、円筒形導波路上の位置に均一な強度分布の光を伝播させることができる。

【0022】また、複数の光ファイバの片端を多角形状に配置・固定しこの端面を平面に形成したバンドル部と、一方の端面がバンドル部の平面に形成された端面に当接し、少なくとも多角形状に配置される複数の光ファイバのコア部を覆う広さを備え、断面が多角形状をなす多角柱の導波路からなるミキシング部と、ミキシング部の他方の端面に配備される光反射手段と、を備えるものとする。

【0023】かかる構成により、断面が多角形状をなす多角柱の導波路の長さを予め定められた長さより長くし、また、多角形の形状を例えば三角形、長方形、六角形などとし、多角形の周辺を折り返し展開することにより二次元平面上に隙間なく且つ重なりなく展開できる形状とする。この結果、任意の光ファイバから多角形の導波路に入射する光は、光ファイバの開口数(NA)に基づく光の広がりにより、多角形状をなす円筒形の導波路周辺で反射され、光ファイバへの戻り光は多角形内の場所の依存性の少ない光パワーを得ることができる。

【0024】また、ミキシング部の他方の端面に配備される光反射手段は、光拡散反射手段を備えることもできる。かかるミキシング部の他方の端面に光拡散反射手段を備える構成により、断面が同心円状をなす円筒形の導波路や、断面が多角形状をなす多角柱の導波路、のミキシング部の長さを短くすることができる。

【0025】また、バンドル部の平面に形成された端面は、光反射手段を備えることもできる。また、バンドル部端面の平面に形成される光反射手段は、複数の光ファイバのコア部を除き、少なくとも、ミキシング部が当接する全面に光反射面を形成することもできる。

【0026】また、光拡散反射手段は、ミキシング部の他方の端面と終端側ミラーの平坦な反射面との間に透明な光拡散層を設けて形成することもできる。また、光拡散反射手段は、ミキシング部の他方の端面と終端側ミラーの平坦な反射面との間に体積ホログラムからなる光拡散層を設けて形成することもできる。

【0027】また、光拡散反射手段は、終端側ミラーがミキシング部と当接する面側に微小な凹凸面を有する反射面を備えることもできる。また、光拡散反射手段を終端側ミラーに設けることに代わって、光拡散反射手段は、ミキシング部の他方の端面に微小な凹凸面と、反射面と、を備えることもできる。

【0028】かかる構成により、各光ファイバのコアに入射しなかった光信号はバンドル側光反射手段で反射されて再び導波路内を伝播し、出力されるまで終端側ミラーとバンドル側光反射手段の間で繰り返し反射される。

8

【0029】

【発明の実施の形態】図1は本発明による実施例1、2の光スターカブラの構成図、図2はミキシング部の導波路の屈折率特性図、図3は屈折率分布型導波路における光信号の伝播特性を説明する説明図、図4は屈折率分布型導波路における入射光・出射光の特性図、図7は本発明による実施例3、5の光スターカブラの構成図、図8は本発明による実施例4、5の光スターカブラの構成図、図9は断面が多角形状をなす導波路の説明図、図10は実施例3による光スターカブラの信号光パワー分布の変化を説明する説明図、図11は実施例4による光スターカブラの信号光パワー分布の変化を説明する説明図、図12は断面が多角形状をなす変形導波路の説明図、であり、図5、図6、図13に対応する同一機能部材には同じ符号が付してある。

【0030】本発明の光スターカブラによる実施の形態は、以下に述べる3つの形態に大別することができる。即ち、光スターカブラは；

(1) 実施例1、2に対応し、ミキシング部が円柱形状の導波路で構成され、ミキシング部の他の端面に光拡散反射手段を備える構成、特に導波路が屈折率分布型導波路からなる構成

(2) 実施例3、5に対応し、ミキシング部が円筒形状の導波路であり、ミキシング部の他の端面に光反射手段または光拡散反射手段を備えてなる構成

(3) 実施例4、5に対応し、ミキシング部が多角形状の導波路であり、ミキシング部の他の端面に光反射手段または光拡散反射手段を備えてなる構成

以下、次の3つの実施形態を説明する。

【0031】(1)；図1において、光スターカブラは、複数の光ファイバ11～1Eの片端を束ねて固定し、この端面21を平面に形成したバンドル部2と、一方の端面32がバンドル部2の平面に形成された端面21に当接し、少なくとも、複数の光ファイバ11～1Eのコア部11a～1Eaを覆う広さを備える導波路31からなるミキシング部3と、ミキシング部3の他方の端面33に配備される光拡散反射手段4と、を備えて構成される。

【0032】かかる構成において、例えば、光ファイバ12からミキシング部3に入射した光信号6a, 6bはミキシング部3の他方の端面33に配備される光拡散反射手段4に到達し、拡散反射される。従来技術でバンドル部2の1つの光ファイバから入射しミキシング部3を伝播する光信号が端面32, 33に平行な断面での不均一な強度分布する問題は、光拡散反射手段4での拡散反射により反射光を拡散分布させて反射光の均一化を図ることができる。この結果、ミキシング部3の中を伝播してバンドル部2にもどる光の強度分布はほぼ均一となり、バンドル部2の各光ファイバ11～1Eとミキシング部3との間の位置ずれに拘わらず、各光ファイバ11～1Eへの光信号の分岐比のばらつきを小さくすることができる。

(6)

9

【0033】(2) ; 図7において、光スターカプラは、複数の光ファイバ11~18の片端側を円筒状に配置・固定し、この端面21を平面に形成したバンドル部2Aと、一方の端面32がバンドル部2Aの平面に形成された端面21に当接し、少なくとも、上記円筒状に配置される複数の光ファイバ11~18のコア部 11a~18a を覆う広さを備え、断面が同心円状をなす円筒形の導波路81からなるミキシング部8と、ミキシング部8の他方の端面33に配備される光反射手段4Aと、を備えて構成される。

【0034】かかる構成において、断面が同心円状をなす円筒形の導波路81の長さ z を予め定められた長さ z_0 より長くすることにより、任意の光ファイバ(11~18)から円筒形導波路81に入射する光は、光ファイバ1の開口数(NA)に基づく光の広がりにより、同心円状をなす円筒形の導波路81の周辺(コア部81aとクラッド部81b、およびコア部81aとクラッド部81cの界面)で反射され、同心円の中心軸 Z に対して円周方向の角度 θ による依存性の少ない光パワーを得ることができる。即ち、円筒形導波路81上の位置に均一な強度分布の光を伝播させることができる。

【0035】(3) ; 図8において、光スターカプラは、複数の光ファイバ11~18の片端を多角形状に配置・固定しこの端面21を平面に形成したバンドル部2Bと、一方の端面32がバンドル部2Bの平面に形成された端面21に当接し、少なくとも多角形状に配置される複数の光ファイバ11~18のコア部 11a~18a を覆う広さを備え、断面が多角形状をなす多角柱の導波路(図示例では断面が長方形の角柱の導波路92、以下、図8では導波路92を代表例として説明する)からなるミキシング部9と、ミキシング部9の他方の端面32に配備される光反射手段4Cと、を備えて構成される。

【0036】かかる構成により、断面が多角形状をなす多角柱の導波路92の長さ z を予め定められた長さ z_0 より長くする。また、多角形の形状は、例えば三角形、長方形、六角形などとし、多角形の周辺を折り返し展開することにより二次元平面上に隙間なく且つ重なりなく展開できる形状とする。この結果、任意の光ファイバ(11~18)から多角形の導波路92に入射する光は、光ファイバの開口数(NA)に基づく光の広がりにより、多角形状をなす円筒形の導波路92の周辺(コア部92aとクラッド部92bの界面)で反射され、光ファイバ11~18への戻り光は多角形内の場所の依存性の少ない光パワーを得ることができる。

【0037】

【実施例1】図2はミキシング部3の導波路31の屈折率特性を示し、以下、実施例1として、図2の(A)に図示するミキシング部3の導波路31が均一な屈折率 n のコア部31aを有する光スターカプラを説明する。導波路31のコア部31aの屈折率 n はクラッド部31bの屈折率より高いので、ミキシング部内の端面32から端面33への光信号

10

6a, 6bの伝播はコア部31aとクラッド部31bの境界での全反射を利用して低損失で光信号の伝播を行うことができる。

【0038】図1において、バンドル部2は、光ファイバ11から光ファイバ1Eまで(図では光ファイバ16から光ファイバ1Eまでは番号を明示せず)の14本の光ファイバが束ねられて形成されている。ミキシング部3は、バンドル部2の光ファイバ11~1Eを束ねた部分よりも大きな断面のコア部31aを持つ導波路31、例えば、大径の光ファイバ31からなり、その一方の端面32にはバンドル部2の各光ファイバ11~1Eの端面21と接するように配置されている。光拡散反射手段4は、図示例では、平坦な反射面42を有する終端側ミラー41と、この反射面42の表面側に光拡散層(43、44、45のいずれか、特に区分しないときは43で代表する)が形成されている。反射面42はミキシング部3の導波路31の端面33に光拡散層43を介して接するように配置されている。このような光拡散層43は、例えば、表面に微細な凹凸を持つ透明な部材により形成することができる。

【0039】バンドル部2は、束ねた光ファイバ11~1Eの間に接着材を充填して固定し、ミキシング部3と接する側を、例えば、研磨して平坦な面を形成する。この面の上には、各光ファイバ11~1Eのコア部分 11a~1Ea

(図1の(B)ではコア部分12a以外の番号は図示省略)を除き、光ファイバ11~1Eのクラッド部 11b~1Eb および間隙部10の全面を覆うようにハッチングで図示される光反射手段22(反射面23)が形成されている。この光反射手段22は、例えば、バンドル部2の端面21に塗布したネガ型フォトリソを各光ファイバ11~1Eからの出射光で露光、現像して各光ファイバのコア部分 11a~1Eaのみにフォトリソが被覆された状態をつくり、次に、蒸着によりこのバンドル部2の端面21に金属膜等の反射膜を形成し、最後に各光ファイバ11~1Eのコア部分 11a~1Eaを被覆していたフォトリソを剥離することにより形成することができる。

【0040】バンドル部2のいずれかの光ファイバ(例えば、12)からの入力光6a, 6bは、ミキシング部3に入射して導波路31のコア部31aを分散しながら伝播し、端面33に接した光拡散反射手段4(光拡散層43)で拡散され、続いて反射面42で反射され、再び光拡散層43で拡散され、導波路31のコア部31aを伝播して端面32に達する。このとき、光拡散反射手段4に達する前までは不均一であった導波路31内の光信号の強度分布は、光拡散反射手段4における拡散反射により均一化され、端面32ではほぼ均一な強度分布が得られる。従って、端面32に接する各光ファイバ11~1Eのコア部11a~1Eaに至った光の強度は、これらコア部11a~1Eaが導波路31のコア部31aからはみ出さない限り、コア部 11a~1Eaの位置に拘わらずほぼ同じになる。これらの光信号がそのまま各光ファイバ11~1Eからの出力光となるので、入力光信号

(7)

11

から各出力光への分岐は、ばらつきを小さく構成することができる。また、各光ファイバ11～1Eのコア部分 11a～1Ea 以外に到達した光信号は光反射手段22の反射面23で反射され、再び導波路31のコア部分31a を伝播する。こうして、光信号6a, 6b は、各光ファイバ11～1Eから出力されるまで光拡散反射手段4と光反射手段22の間で多重反射され、各光ファイバ11～1Eからの出力光以外に外部に放射されることがない。従って光損失が小さく、光信号を効率良く伝送することができる。

【0041】また、図1に図示される様に、反射面42と光拡散層43とを別個に設けることなく、光拡散反射手段4として表面に微細な凹凸を持つ反射面を備える光拡散層45を終端側ミラー41として形成することで光信号の拡散反射を行うことができる。さらにまた、光拡散反射手段4を終端側ミラー41に設けることに代わって、光拡散反射手段4は、ミキシング部3の他方の端面33に微小な凹凸面と反射面とを備える光拡散層45を構成することができる。これらの場合も上述の光拡散層43を表面に微細な凹凸を持つ透明な部材により形成した場合と同様の作用・効果を得ることができる。

【0042】また、光拡散反射手段4は、ミキシング部3の他方の端面33と終端側ミラー41の平坦な反射面42との間に体積ホログラムからなる光拡散層44を設けて形成することができる。このような体積型ホログラムは、フォトポリマ等の感光材にコヒーレントな拡散光を照射して露光することで得られる。この照射する拡散光の拡散角の範囲、強度分布、波長、感光材への入射角などを選ぶことで所望の光拡散特性を持つホログラムが得られる。

【0043】

【実施例2】実施例2の光スターカプラの構成は、ミキシング部3の導波路31の屈折率特性を除き、図1に図示される実施例1の光スターカプラの構成と同じである。このミキシング部3の導波路31の屈折率特性は、図2の(B)に図示される中心部分ほど屈折率が高い屈折率分布型特性を有するものである。以下、導波路31が屈折率分布型特性を有する場合を説明する。

【0044】図1において、バンドル部2は14本の光ファイバ11～1Eが束ねられて形成される。バンドル部2の各光ファイバ11～1Eの端面21には、中心部分ほど屈折率が高い屈折率分布型導波路31の一方の端面32が接するように配置される。終端側ミラー41は平坦な反射面42を有し、反射面42は屈折率分布型導波路31の端面33に光拡散層43を介して接するように配置される。また、屈折率分布型導波路31と接するバンドル部2の端面21には、バン

12

*ドル部2の各光ファイバ11～1Eのコア部分 11a～1Eaを除いたクラッド部 11b～1Eb と、各光ファイバ11～1Eの間隙部10と、の全面を覆うようにバンドル側に光反射手段22(反射面23)が形成される。

【0045】ここで用いられる屈折率分布型導波路31の屈折率は、導波路31の中心軸のまわりに回転対称であって中心軸から外周方向に向かって放物線状に分布しているものとする。このような導波路31が(1)式で表される屈折率分布特性を有する場合は、導波路31内を伝播するメリジオナル光線(導波路31の中心軸を含む平面内を伝播する光線)は、導波路31の入射位置や入射角の如何に拘わらず入射端面から出射端面までの光路長が一定となる。

【0046】

【数1】 $n(r) = n_0 \cdot \text{sech}(a \cdot r) \dots (1)$

ここで、中心軸上の屈折率を n_0 、中心軸から距離 r の屈折率を $n(r)$ 、屈折率分布定数を a とする。また、屈折率分布が(2)式で表される屈折率分布特性を有する場合は、導波路31内を伝播するヘリカル光線(中心軸の周りをらせん状に伝播する光線)は、導波路31の入射位置や入射角の如何に拘わらず入射端面32から出射端面33までの光路長が一定となる。

【0047】

【数2】 $n(r) = n_0 \{1 + (a \cdot r)^2\}^{-1/2} \dots (2)$

(1)式と(2)式は、いずれも $(a \cdot r)$ のベキ乗で展開したとき、 $(a \cdot r)^4$ 以上の高次の項が無視できるときは、(3)式で近似できる。

【0048】

【数3】 $n(r) = n_0 \{1 - (a \cdot r)^2 / 2\} \dots (3)$

従って、導波路31の屈折率が中心軸から放物線状に分布し、 $(a \cdot r)^4$ 以上の高次の項が無視できるときは、導波路31の入射端面32から出射端面33までの光路長は、この導波路31を伝播するどのような光線に対してもほぼ一定となる。

【0049】さらに、図4に図示するように、屈折率分布が(3)式で表される導波路31内を伝播するメリジオナル光線の軌跡(図4でTで図示)は、入射端面32と出射端面33の間隔、即ち、導波路31の長さを z 、入射端面32での光線の位置を r_1 、入射端面32での光線の入射角を α_1 、出射端面33での光線の位置を r_2 、出射端面33での光線の出射角を α_2 とすると、これらのパラメータ間には(4)式に関係がある。

【0050】

【数4】

$$\begin{aligned} r_2 &= r_1 \cdot \cos(a \cdot z) + \{\alpha_1 / (n_0 \cdot a)\} \cdot \sin(a \cdot z), \\ \alpha_2 &= -r_1 \cdot n_0 \cdot a \cdot \sin(a \cdot z) + \alpha_1 \cdot \cos(a \cdot z) \\ &\dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

特に、 $z = \pi / (2a)$ であるときは、(4)式より入射光と 50 出射光の関係は(5)式で表される。

(8)

13

【0051】

$$\begin{aligned} r2 &= \alpha 1 / (n_1 \cdot a), \\ \alpha 2 &= -r1 \cdot n_0 \cdot a \end{aligned}$$

よって、(5) 式が成立するときは、この導波路31の入射端面32の一点(r1)を通る光線は、その入射角 ($\alpha 1$) に依存せずに出射端面33では一定の出射角 ($\alpha 2$) を持ち、また、その出射位置(r2)は入射角 ($\alpha 1$) に応じて分布することになる。本発明の実施例2で用いられる屈折率分布型導波路31は、(3) 式で表される屈折率分布特性を持ち、また、導波路31の長さは $\pi / (2a)$ としてあるので、上述の(5) 式で表される入射光と出射光の関係が成立する。

【0052】また、本発明の実施例2で用いる光拡散反射手段4は、数多くの微小な体積型ホログラムの集合体からなる光拡散層44と反射面42を備える終端側ミラー41とから構成される。各々の微小ホログラムは透明な媒質の屈折率を周期的に変化させて形成される。体積型ホログラムには、特定の波長と方向で入射する光を強く回折する性質があり、その入射光の条件はブラッグ条件と呼ばれ、(6) 式で表される。

【0053】

$$\text{【数6】 } \kappa d = \kappa i + \beta \quad \cdots (6)$$

ここで、 κi と κd はそれぞれ入射光ベクトルと回折光ベクトルで、その方向はそれぞれホログラムへの入射光とホログラムからの回折光の伝播方向に等しく、その大きさは入射光の波長を λ として $2\pi / \lambda$ である。 β は格子ベクトルで、その方向はホログラムの等屈折率面の法線に等しく、その大きさは屈折率変化の1周期の長さを p として $2\pi / p$ である。従って、各々のホログラムに対して、そのホログラムのブラッグ条件を満たす入射方向と回折方向との組合せが1対1に対応する。ここでは媒質が透明であるので、ある微小ホログラムに入射するブラッグ条件からはずれた入射光はほとんど回折されずにその微小ホログラムを透過する。

【0054】このように構成される光拡散反射手段4への入射光は、光拡散層44内の微小ホログラムを順次通過し、この内のブラッグ条件を満たす微小ホログラムで回折される。多数の微小ホログラムからの回折光は全体として入射光を拡散させた光となって光拡散層44から出射される。光拡散層44への入射方向が異なる入射光は、その方向に対応する別の微小ホログラムで回折される。

【0055】ここで用いられる光拡散層44は、後述する所定の角度の範囲内の入射方向と回折方向とのあらゆる組合せに対応する微小ホログラムが、どの角度方向の組合せに対しても同じ割合になるように均一に含まれている。従って、この光拡散層44に上述の所定の角度より小さい入射角となる入射光は、その所定の角度の範囲内のあらゆる方向に均一に拡散することができる。ここで、所定の角度とは、屈折率分布型導波路31の中心軸からの

14

* * 【数5】

$$\cdots \cdots \cdots (5)$$

最も離れた光ファイバから出射した光が光拡散層44に達したときの入射角の大きさが相当する。

【0056】このような構成の光スターカプラは、以下の説明のように動作する。図3において、バンドル部2の図示省略したいずれかの光ファイバ(例えば12)から入射する光信号6a~6gは、屈折率分布型導波路31の端面32から入射して屈折されながら伝播し、端面33に接した光拡散層44に到達する。屈折率分布型導波路31では先に説明した(5)式の関係が成立しているので、このときの端面33からの出射方向、即ち、光拡散層44への入射方向は、屈折率分布型導波路31の中心軸から光信号6a~6gを出射した光ファイバ12のコア部分(12a)までの距離(r1)に応じて一定の範囲内の方向 ($\alpha 2$) となる。即ち、図3の(A) において、ここでは、光信号6a~6gは光ファイバ12のコア部分12a の1点から光ファイバ12の開口数NAで定まる角度で出射した光のみを示しているのので、この光が端面33から出射する出射方向は一定の方向 $\alpha 2$ となって表される。この光拡散層44への入射光は、光拡散層44により所定の角度の範囲内のあらゆる方向に均一に拡散される。この所定の角度は、バンドル部2の光ファイバ11~1Eの内、屈折率分布型導波路31の中心軸からの最も離れた光ファイバから出射した光が光拡散層44に達したときの入射角の大きさに等しくしてある。

【0057】光拡散層44からの拡散光は、図3では図示省略されている反射面42で反射され、再び光拡散層44で拡散されて、図3の(B) で図示される端面33の a~g の様に連続的に屈折率分布型導波路31に入射する。この入射方向は、光拡散層44で既定された上記所定の角度の範囲内に均一に分布する。この入射光に対しても(5)式の関係が成り立ち、かつ、端面33への入射角の最大値は屈折率分布型導波路31の中心軸から最も遠くにあるバンドル部2の光ファイバの位置に対応しているのので、屈折率分布型導波路31を伝播した光7a~7gは、端面33への入射方向が同一な部分毎にその方向に対応する端面32上の1点Gに集まり、全体では、屈折率分布型導波路31の中心軸を中心とし、屈折率分布型導波路31の中心軸から最も遠くにあるバンドル部2の光ファイバまでの距離を半径とする円内に均一に分布することができる。従って、端面32に接する各光ファイバ11~1Eのコア部分11a ~1Ea に到達する光の強度はいずれの各光ファイバ11~1Eでも同じになり、これらのコア部分 11a~1Ea に入射した光がそのまま各光ファイバ11~1Eからの出力光となるので、各出力に対する入力光信号からの分岐比にはばらつきが生じない。

【0058】さらに、端面32に達して各光ファイバ11~1Eから出射されない光の部分は、バンドル部2側の光反射

(9)

15

手段22（反射面22）により反射され、再び屈折率分布型導波路31内を伝播する。こうしてこの光スターカブラに入力された光信号は、光ファイバ11～1Eから出力されるまで、光拡散反射手段4と光反射手段22との間で多重反射されて出力光信号となる。この出力光信号以外は外部に放射されないで、光損失の少ない光スターカブラを構成することができる。

【0059】バンドル部2は、例えば、束ねた光ファイバ11～1Eの間に接着剤を充填・固定し、ミキシング部3と接する面を平坦に研磨して形成される。バンドル側の光反射手段22は、前述の様に、例えば、バンドル部2の端面21に塗布したネガ型フォトレジストを各光ファイバ11～1Eからの出射されるフォトレジストに感度がある光で露光し、これを現像して各光ファイバ11～1Eのコア部分11a～1Eaのみを被覆した後、蒸着によりこのバンドル部2の端面21に金属膜等の反射膜を形成し、最後に各光ファイバ11～1Eのコア部分11a～1Eaを被覆していたフォトレジストを剥離することで製作できる。

【0060】屈折率分布型導波路31は、例えば、電子分極率が大きく高温でガラス中を移動しやすい一価イオンをドーブした光学ガラスを円柱状に加工した後、これを溶融塩に長時間浸漬し、あらかじめドーブしたイオンと溶融塩中のアルカリイオンと交換することで生じるイオン拡散分布の放物線近似性を利用して必要な屈折率分布を形成することで製作できる。

【0061】光拡散層44をなす微小ホログラムの集合体は、露光量に応じて屈折率が変化するフォトポリマ等の感光材にコヒーレントな拡散光を照射して露光することで得られる。露光された感光材の内部で交差する2つの光束がつくる干渉縞での光の強度分布が感光材の屈折率変化として記録されてホログラムとなるので、このホログラムのブラッグ条件を満たす入射光と回折光との組み合わせは、このホログラムを露光した2つの光束の組み合わせと一致する。従って、感光材を露光する拡散光の強度分布を上記した光拡散層44に要求される所定の角度の範囲内で均一にすれば、その角度範囲内の2つの方向をどのように組み合わせた場合でも、その2方向の光束がつくる干渉縞は同じ大きさで強度変調されるので、上記した拡散特性を持つ光拡散層44を得ることができる。

【0062】図1と図3に示した実施例では、屈折率分布型導波路31の長さ z を $\pi/(2a)$ としたが、これと同じ屈折率分布をもつ導波路では、長さ z が(7)式で表される場合、その一方の端面への入射光の入射位置に応じて他方の端面からの出射光の出射方向を変化させることができるので、(7)式の長さ z の屈折率分布型導波路31を用いても、本発明を構成することができる。

【0063】

【数7】 $z = (2N + 1) \cdot \pi / (2a) \quad \dots (7)$

ただし、 N は正の整数、

さらに、図1と図3に示した実施例では、光拡散層44に

16

は入射光を透過して拡散させるホログラムを用いたが、これに代えて入射光を反射して拡散させるホログラムを光拡散層44に用いても、本発明を構成することができる。

【0064】

【実施例3】図7において、バンドル部2Aは、8本の光ファイバ11～18が端面21上に円周状に揃えて配置される。ミキシング8の導波路81は、少なくとも、バンドル部2Aの光ファイバ11～18のコア部11a～18aを覆う厚さを有する円筒形状の導波路81のコア部81aと、このコア部81aの両側面（両端面32、33を除く表面）を覆うクラッド部81b、81cより構成され、コア部81a内を伝播する光は全反射条件を満たし、クラッド部81b、81cにもれだすことがない様に構成されている。ミキシング8の導波路81の片端面32は、光ファイバ11～18のコア部11a～18aのすべての範囲を円筒形状の導波路81のコア部81aが覆うように配置され、バンドル部2Aの端面21と接している。また、バンドル部2Aの光ファイバ11～18のコア部11a～18aを除く全面は、バンドル側反射面23が設置されている。ミキシング8の導波路81の他端面33には、光反射手段4Aとして全面に終端側ミラー41が設置されている。

【0065】次に、1本の光ファイバ（例えば、11）から信号光がミキシング8の導波路81に入射した場合を説明する。先ず、ミキシング8の導波路81に対して、バンドル2A側の端面21の中心を原点とした円筒座標系（ R, θ, Z ）を導入する。図7の(B)に図示する様に、円筒形状のミキシング8の導波路部81の、半径方向の長さを r 、 z 軸方向の長さを z_0 とし、ミキシング8の導波路部81の中心軸を z 軸とし、 $z=0$ の面がバンドル側端面21となるように座標系を設定する。ミキシング8の導波路部81はこの円筒座標系において、 $R=r$ 、 $-\pi \leq \theta \leq \pi$ 、 $0 \leq z \leq z_0$ の図形として表すことができる。

【0066】今、光ファイバ11の中心位置を、 $(R, \theta, Z) = (r, 0, 0)$ として、光ファイバ11から z 軸の正方向に信号光が入射した場合について説明する。 $z=0$ の近傍での信号光パワーの角度 θ 依存性は、図10の(A)に図示される様に光ファイバのニア・フィールド・パターン(NFP: Near Field Pattern)に近い形となる。この分布特性は、光の進行方向、即ち、 z 軸の方向に移動するに従い、図10の(B)に図示するように $\theta=0$ をピークとした山なりの曲線を描くようになり、やがて、図10の(C)に図示するように角度 θ 依存性の小さい平坦な分布を示すようになる。

【0067】ところで、円筒座標系においては、

【0068】

【数8】 $\theta = \theta + 2m\pi \quad \dots (8)$

但し、 $-\pi \leq \theta \leq \pi$ 、 m : 全ての整数であり、角度 θ は物理的に同じ一点を示すので、 $\theta = \theta$ における信号光パワーは、(8)式で $-\infty < m < \infty$ のすべての m に対応する

(10)

17

Θ における信号光パワーを、 Θ 方向にそれぞれ $-2m\pi$ ずつ平行移動し、それらをすべて加算したものである。このことは、信号光が $Z=z_0$ の位置で終端側ミラー41によって反射された後でも、同じ様に適用することができる。

【0069】ここで z_0 を予め定められた値以上に大きくとることにより、終端側ミラー41で反射される信号光が $z=0$ に戻ったときの信号光パワーの角度 θ 依存性（傾き）は相対的に小さくなる。即ち、図10の(C)の実線で図示される様に、角度範囲 $(-\pi \leq \theta \leq \pi)$ の信号光パワーの角度 θ による傾き自身が小さくなると同時に、角度範囲外 $(\theta \leq -\pi, \pi \leq \theta)$ の信号光パワーは、点線で図示される様に $2m\pi$ だけ平行移動して加算されるので、 $-\pi \leq \theta \leq \pi$ の範囲での総合された信号光パワー P_{ALL} は均一化される。この結果、各光ファイバ11~18へ出力される信号光のパワーのバラツキは小さくすることができる。

【0070】ここでは、信号光が入射する光ファイバの中心位置を、 $(R, \Theta, Z) = (r, 0, 0)$ としたが、角度 Θ の対称性を考慮すれば、信号光が入射する光ファイバの中心位置を一般に、 $(R, \Theta, Z) = (r, \theta, 0)$ 、但し、 $-\pi \leq \theta \leq \pi$ としても、上述の説明と同じ説明が成り立つ。また、上述の光スターカプラにおいて、バンドル部2Aの平面に形成される端面21は、光反射手段22を備えることができる。特に、この光反射手段22は、複数の光ファイバ11~18のコア部11a~18aを除き、少なくとも、ミキシング部8の導波路81のコア部81aが当接する全面に光反射面23を形成することにより、端面32に接する各光ファイバ11~18のコア部11a~18aに至った光信号はそのまま各光ファイバ11~18からの出力光となるので、入力光信号から各出力光への分岐は、ばらつきを小さく構成することができる。また、各光ファイバ11~18のコア部分11a~18a以外に到達した光信号は光反射手段22の反射面23で反射され、再び導波路81のコア部分81aを伝播する。こうして、光信号は、各光ファイバ11~18から出力されるまで光反射手段4Aと光反射手段22の間で多重反射され、各光ファイバ11~18からの出力光以外に外部に放射されることがない。従って光損失が小さく、光信号を効率良く伝送することができる。

【0071】

【実施例4】図8において、図示例のバンドル部2Bは、8本の光ファイバ11~18を矩形面内に端面21を揃えて配置される。ミキシング9の導波路92は、少なくとも、バンドル部2Bの光ファイバ11~18のコア部11a~18aをすべて含む寸法の矩形断面を持った四角柱形状のコア部92aと、このコア部92aの側面（両端面32、33を除く表面）を覆うクラッド部92bとより構成され、コア部92a内を伝播する光は全反射条件を満たし、クラッド部92bにもれだすことがない様に構成されている。ミキシング9の導波路92の片端面32は、光ファイバ11~18のコア部

18

11a~18aのすべての範囲をコア部92aが覆うように配置され、バンドル部2Bの端面21と接している。また、バンドル部2Bの光ファイバ11~18のコア部11a~18aを除く全面は、バンドル側反射面23が設置されている。ミキシング9の導波路92の他端面33には、光反射手段4Cとして全面に終端側ミラー41が設置されている。

【0072】次に、1本の光ファイバ（例えば、11）から信号光がミキシング9の導波路92に入射した場合を説明する。まず、ミキシング9の導波路92に対して、バンドル2B側の端面21の中心を原点とした直交座標系 XYZ を導入する。図8の(B)に図示する様に、四角柱形状のミキシング9の導波路92の、 X 軸方向の長さを a 、 Y 軸方向の長さを b とし、ミキシング9の導波路92の Z 軸方向の長さを z_0 とし、 $z=0$ の面がバンドル側端面21となるように座標系を設定する。ミキシング9の導波路92はこの直交座標系において、 $-a/2 \leq X \leq a/2$ 、 $-b/2 \leq Y \leq b/2$ 、 $0 \leq Z \leq z_0$ の図形として表すことができる。

【0073】説明を簡明化するため図8の図示例とは異なるが、今仮に、光ファイバ11の中心位置を、 $(X, Y, Z) = (0, 0, 0)$ とし、四角柱形状の導波路92のコア部92aが非常に広い場合を想定する。この状態で、光ファイバ11から z 軸の正方向に信号光が入射した場合について考察する。この状態においては、信号光パワーの分布は図11の実線で図示される特性となる。即ち、 $z=0$ の近傍での信号光パワーの X 軸方向の依存性は、図11の(A)に図示される様に光ファイバのニア・フィールド・パターン(NFP; Near Field Pattern)に近い形となる。この分布特性は、光の進行方向、即ち、 z 軸の方向に移動するに従い、図11の(B)に図示するように $X=0$ をピークとした山なりの曲線を描くようになり、やがて、図11の(C)に図示するように X 軸依存性の小さい平坦な分布を示すようになる。

【0074】一方、実際の導波路92は、 X 軸方向の位置 $(-a/2, a/2)$ に導波路92のコア部92とクラッド部92bの界面があるので、この界面で信号光の全反射が発生する。四角柱形状の導波路92では、全反射する界面が X 軸および Y 軸に平行に2面存在するので、信号光が全反射する界面、例えば、 X 軸に直交する界面、の位置は(9)式で表される。

【0075】

【数9】 $X = (2m-1) \cdot (a/2) \cdots (9)$

但し、 m : 全ての整数、

即ち、実際の導波路92内の信号光パワーは、図11の実線で図示される信号光が(9)式で示される位置を折り目として折り返し、すべてを重ねて加算したものである。このことは、信号光が $Z=z_0$ の位置で終端側ミラー41によって反射された後でも、同じように適用することができる。

【0076】ここで z_0 を予め定められた値以上に大きくとることにより、終端側ミラー41で反射される信号光が

(11)

19

Z=0に戻ったときの信号光パワーのX軸依存性（傾き）は相対的に小さくなる。即ち、 $-a/2 \leq X \leq a/2$ の範囲での総合された信号光パワー P_{ALL} は均一化され、各光ファイバ11~18へ出力される信号光パワーのX方向のバラツキを小さくすることができる。

【0077】上記に示したX軸方向の説明内容は、そのままY軸方向に適用することができる。即ち、導波路92の長さz0を予め定められた値以上に大きくとることにより、 $-b/2 \leq Y \leq b/2$ の範囲での総合された信号光パワー P_{ALL} は均一化され、各光ファイバ11~18へ出力される信号光パワーのY方向のバラツキを小さくすることができる。

【0078】以上、入射光ファイバの中心位置を(X,Y)=(0,0)としたが、 $-a/2 \leq X \leq a/2$ 、 $-b/2 \leq Y \leq b/2$ の範囲内で任意の(X,Y)を選んでも、総合された信号光パワー P_{ALL} が十分に平坦になる程度に導波路92の長さz0を大きくとることにより、上述の(X,Y)=(0,0)の場合と同じ説明が成り立つ。以上のことから、四角柱形状のミキシング9の導波路92を予め定められた値以上に長くすることにより、光ファイバ11~18へ出力される信号光パワーのバラツキを十分小さくすることができる。

【0079】図9は本発明の実施例4に係わるその他の実施例である。即ち、ミキシング部9の多角柱をなす導波路91、92、93の多角形状の断面は、三角形、四角形および六角形が相当し、図9の(A)は導波路91のコア部91aが太い実線で示される三角形をなす場合を図示し、図9の(b)は導波路91のコア部91aが四角形をなす場合を図示し、図9の(c)は導波路91のコア部91aが六角形をなす場合を図示する。

【0080】かかる多角形状の断面において、コア部91a(92a, 93a)とクラッド部91b(92b, 93b)との界面で発生する全反射作用により、総合される信号光パワー P_{ALL} は、点線で図示される位置を折り目として折り返し反射され、すべてを重ねて加算したものである。ここでは、この折り目が隙間なく、かつ重なりなく構成することができるので、多角形状の範囲内で任意の位置に入射した信号光も、総合された信号光パワー P_{ALL} が十分に平坦になる程度に導波路92の長さz0を大きくとることにより、光ファイバへ出力される信号光パワーのバラツキを十分小さくすることができる。

【0081】また、多角柱をなすミキシング部9の多角形状は、三角形、四角形および六角形以外に、例えば、これらの三角形、四角形および六角形のエッジコーナーを一部削る、あるいは丸めた形状でもよい。この場合は、上述の折り目には、エッジコーナー相当部分に隙間が発生し、この隙間部分相当の信号光パワーが光ファイバへ出力される信号光パワーのバラツキの要因を形成するが、隙間相当部分を十分小さくすることにより、実用上支障のないバラツキに抑えることができる。

【0082】

20

【実施例5】また、実施例3、4で述べた光スターカプラにおいて、ミキシング部8、9の導波路81、91~93の他方の端面33に配備される光反射手段4A、4Cは、光拡散反射手段4B、4Dを備えることができる。そして、この光拡散反射手段4B、4Dは、上述の実施例1、2で述べたと同様に、ミキシング部8、9の他方の端面33と終端側ミラー41の平坦な反射面42との間に表面に微細な凹凸を持つ透明な部材よりなる光拡散層43を設けて形成することができる。

【0083】また、反射面42と光拡散層43を別個に設けることなく、光拡散反射手段4B、4Dとして表面に微細な凹凸を持つ反射面を備える光拡散層45を終端側ミラー41として形成することで光信号の拡散反射を行うことができる。さらにまた、光拡散反射手段4B、4Dを終端側ミラー41に設けることに代わって、光拡散反射手段4B、4Dは、ミキシング部8、9の他方の端面33に微小な凹凸面と反射面とを備える光拡散層45を構成することができる。これらの場合も上述の光拡散層43を表面に微細な凹凸を持つ透明な部材により形成した場合と同様の作用・効果を得ることができる。

【0084】また、光拡散反射手段4B、4Dは、ミキシング部8、9の他方の端面33と終端側ミラー41の平坦な反射面42との間に体積ホログラムからなる光拡散層44を設けて形成することができる。このような体積型ホログラムは、フォトリソ等の感光材にコヒーレントな拡散光を照射して露光することで得られる。この照射する拡散光の拡散角の範囲、強度分布、波長、感光材への入射角などを選ぶことで所望の光拡散特性を持つホログラムが得られる。

【0085】かかる構成により、ミキシング部8、9の他方の端面33に光拡散反射手段4B、4Dを備えることにより、断面が同心円状をなす円筒形の導波路81や、断面が多角形状をなす多角柱の導波路91、92、93、のミキシング部8、9の長さz0を短くすることができる。また、光ファイバに出力される信号光パワーのバラツキをより十分小さくすることができる。

【0086】

【発明の効果】以上述べたように本発明の構成によれば、終端側ミラーの反射面に光拡散反射手段を形成するので、ミキシング部を伝播する光信号の強度分布を均一化することができる。この結果、バンドル部の各光ファイバとミキシング部との間に多少の位置ずれがあっても、各光ファイバへの出力光に対する入力光信号からの分岐比のバラツキを小さくすることができる。

【0087】また、バンドル部のいずれかの光ファイバから入射した光信号は、光拡散層で拡散されて屈折率分布型導波路を伝播することでバンドル部の端面での光強度分布を均一化することができるので、各光ファイバへの出力光に対する入力光信号からの分岐比のバラツキを少なくすることができる。また、バンドル部とミキシング

(12)

21

部の接合する面にバンドル部の光ファイバのコア部分以外の全面にバンドル側ミラーの光反射手段を形成するので、入力した光信号は、出力光となるまでミキシング部の中で多重反射され、出力光以外の形で外部に放射されることがないので損失が小さく、光信号を効率良く伝送することができる。

【0088】また、ミキシングの導波路を円筒形状または多角柱形状として、この導波路長さを予め定められた長さ以上に長くすることにより、光ファイバへの出力光のパラツキを小さくすることができる。この結果、光ファイバとミキシング部との利用空間効率を損なうことなく、光ファイバからミキシング部に入射された光信号を効率良く分岐・結合し、光信号の強度を均一にする光スターカプラを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による実施例1、2の光スターカブラの構成図

【図2】ミキシング部の導波路の屈折率特性図

【図3】屈折率分布型導波路における光信号の伝播特性を説明する説明図

【図4】屈折率分布型導波路における入射光・出射光の特性図

【図5】従来技術による一例の光スターカブラの構成図

【図6】従来技術による他の例の光スターカブラの構成図

【図7】本発明による実施例3、5の光スターカブラの構成図

【図8】本発明による実施例4、5の光スターカブラの構成図

【図9】断面が多角形状をなす導波路の説明図

22

【図10】実施例3による光スターカブラの信号光パワー分布の変化を説明する説明図

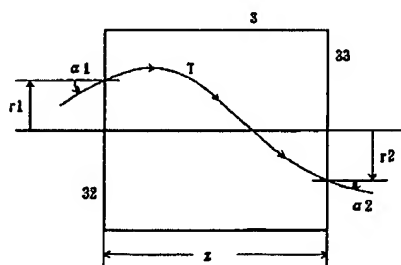
【図11】実施例4による光スターカブラの信号光パワー分布の変化を説明する説明図

【図12】断面が多角形状をなす変形導波路の説明図

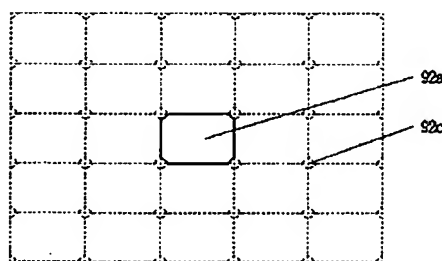
【図13】従来技術による導波路の光強度分布の実験結果の一例図

- | | |
|---------------------|---------|
| 1、11～1E | 光ファイバ |
| 11a～1Ea | コア部 |
| 11b～1Eb | クラッド部 |
| 10 | ミキシング部 |
| 2、2A、2B | バンドル部 |
| 21、32、33 | 端面 |
| 22 | 光反射手段 |
| 23、42 | 反射面 |
| 24 | 円形ミラー |
| 3、8、9 | ミキシング部 |
| 31、81、91、92、93 | 導波路 |
| 31a、81a、91a、92a、93a | コア部 |
| 31b、81b、91b、92b、93b | クラッド部 |
| 4、4B、4D | 光拡散反射手段 |
| 4A、4C | 光反射手段 |
| 41 | 終端側ミラー |
| 43～45 | 光拡散層 |
| 6a～6g、7a～7g | 光信号 |
| 91c、92c、93c | 隙間 |
| n | 屈折率 |
| N | 正の整数 |

【図4】

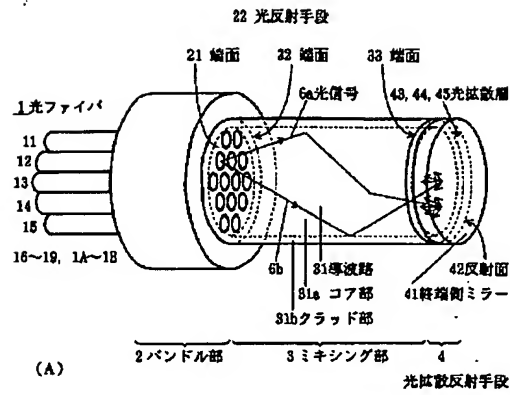


【図12】

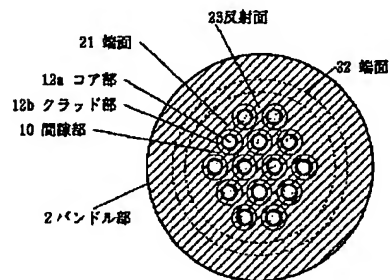


(13)

【図1】

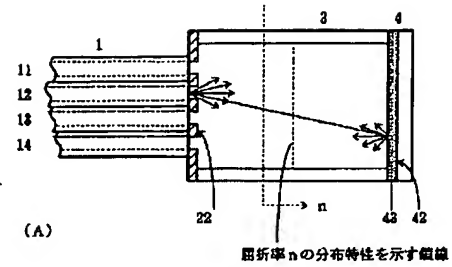


(A)

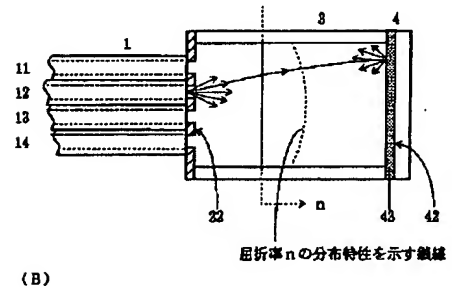


(B)

【図2】

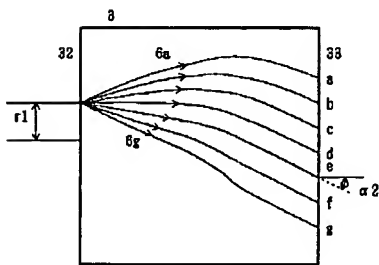


(A)

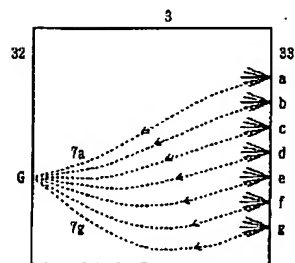


(B)

【図3】

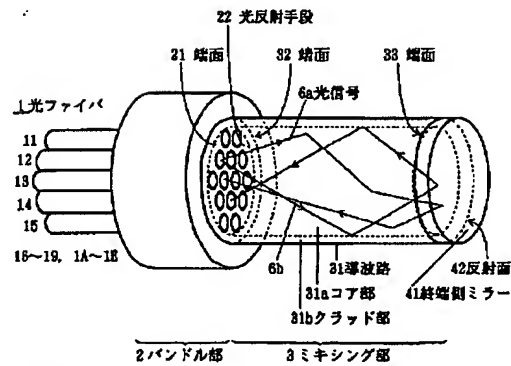


(A)

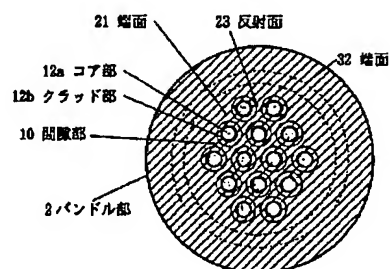


(B)

【図5】



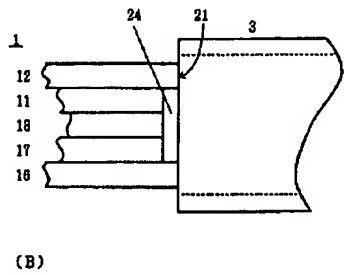
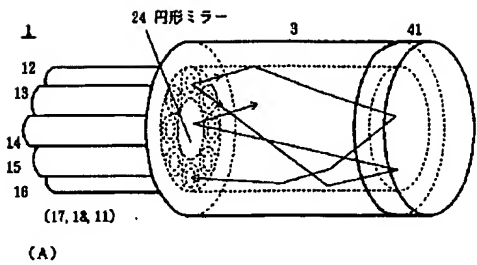
(A)



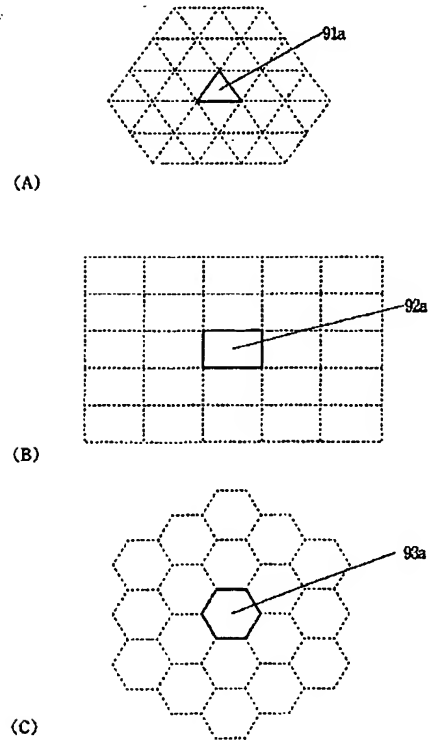
(B)

(14)

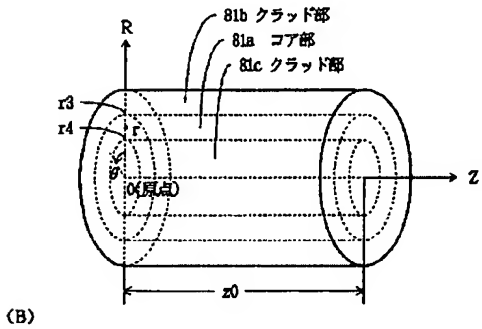
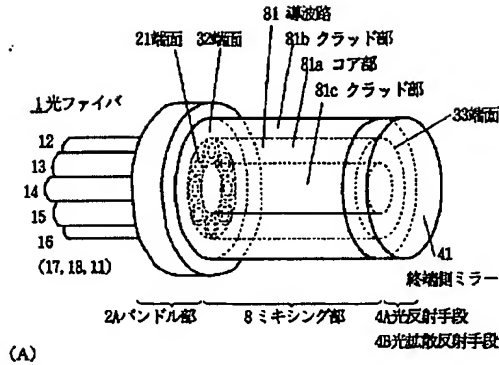
【図6】



【図9】

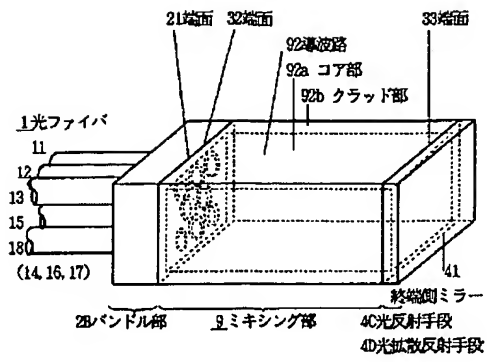


【図7】

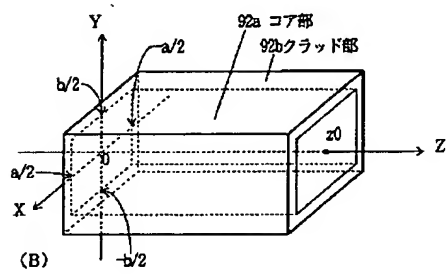


(15)

【図8】

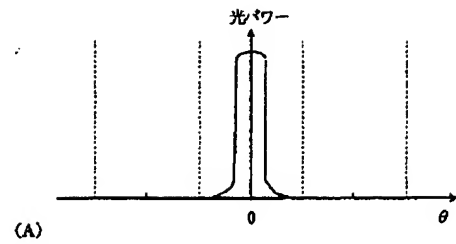


(A)

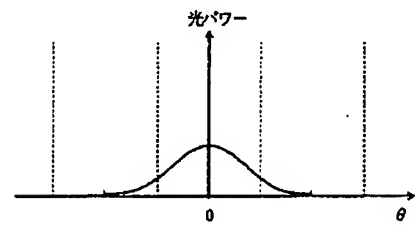


(B)

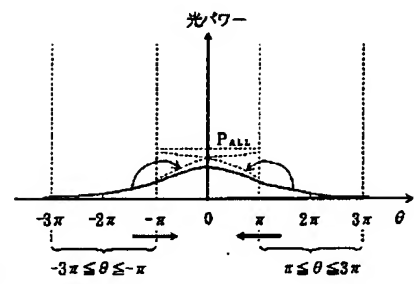
【図10】



(A)



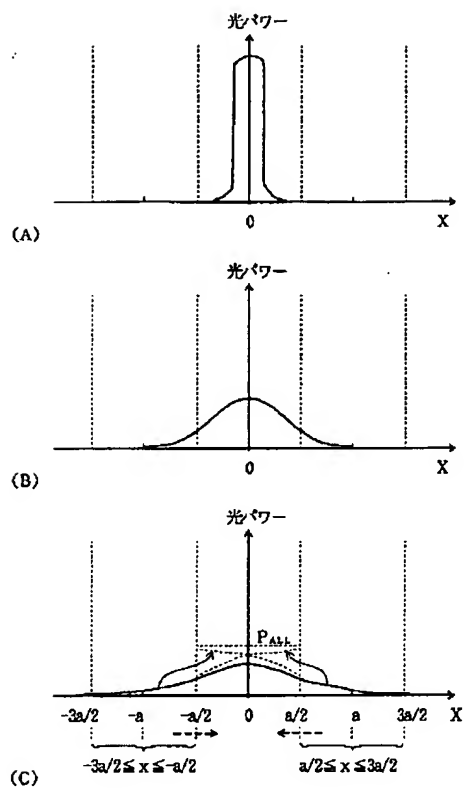
(B)



(C)

(16)

【図11】



【図13】

